

## الفصل الخامس

### القمح

L.T.EVANS , I.F.WARDLAW AND R.A. FISCHER

يعتبر القمح أحد المحاصيل القديمة ويزرع على نطاق أوسع وينتج بكمية أكبر مقارنة بالمحاصيل الأخرى ( جدول 1.1 ) ولا يزال يزرع منه عديد من الأنواع ، غير أن قمح الخبز الحديث السداسي *Triticum aestivum* L. يعتبر أكثرها شيوعاً حتى الآن وهو موضوع هذا الفصل .

إن الخطوات الأولى في تطور القمح كمحصول حدثت منذ حوالي 10000 سنة في منطقة الهلال الخصيب في الشرق الأوسط ( Harlan & Zohary , 1966 ) وأسفرت التنقيبات الأثرية في بعض المواقع القروية ، والتي كانت مأهولة بالسكان حوالي 8000 سنة قبل الميلاد عن وجود بقايا نباتية ، والتي تكاد تكون بالكامل قمحاً ثنائياً *Triticum boeoticum* ، مع شعير برى وعدس وجلبان . في حين شملت بقايا في قرية علي كوش ( Ali Kosh ) ، في الجنوب الغربي لإيران منذ 7500 - 6750 سنة قبل الميلاد على جزء كبير من الشعير والقمح المستأنس .

لا زال يوجد حتى اليوم ولو أنها منقرضة عشائر من القمح الثنائي البرى والشعير والشوفان مع حشيشة العنز الثنائية البرية *Aegilops speltoids* ، التي هجنت مع القمح الثنائي ( einkorn ) البرى لتعطى القمح الرباعي البرى ( emmer ) *T. dicoccoides* . تختلف المجموعات المستأنسة من الأقماح الثنائية و الرباعية عن أسلافها البرية وبصفة رئيسية في أن محور السنبلة فيها أقوى ، وبالتالي تحتفظ بحبوب أكثر في السنبلة حتى موعد الحصاد . كان حجم البنود أيضاً أكبر في المجاميع المستأنسة . وإلى جانب تأثير هذا الانتخاب البدائي كانت الأوراق أكبر وتكوين البادرات أسرع . لازالت الحبوب في بعض الأنواع المستأنسة الرباعية مثل *T. dicoccum* مغلفة بعصافات كما في الأسلاف البرية . ولكن في أنواع أخرى مثل *T. durum* نجد أن الحبوب تنفصل بالدراس .

الخطوة الثانية في تطور القمح كانت تهجين القمح الرباعي مع نوع آخر من جنس *Aegilops* ويحتمل أن يكون *A. squarrosa* لينتج أنواع القمح السداسي ، البعض ذات حبوب مغلفة مثل قمح سبelta *T. spelta* ، وأخرى ذات حبوب تنفصل بالدراس مثل *T. aestivum* . إن حامل جينوم D موزع طبيعياً من الحد الشرقي للهلال الخصيب إلى كازاخستان وبذلك يغطي أفقاً واسعة من الظروف البيئية مقارنة بسلالات أخرى مما دفع ( Zohary et al , 1969 ) إلى القول بأن إضافة جينوم D لم تعط الصفات البروتينية المرغوبة في صناعة الخبز فحسب بل زادت كثيراً من مدى التأقلم مما مكن القمح بأن يكون محصول سهول المناطق شبه الرطبة وشبه الجافة معاً ، وأقترحوا أن هذا التهجين متكرراً ولا زال مستمراً .

القمح *T. aestivum* يعرف عنه بأنه وجد في الشرق الأوسط منذ لا يقل عن 5800 سنة قبل الميلاد ( Helbaek , 1966 ) وبعدها أنتشر في حوض البحر الأبيض المتوسط ومن خلال أوروبا الوسطى إلى مناطق أبعد شمالاً وأكثر رطوبة ( Waterbolk , 1968 ) .

إن تطور القمح من النواحي السيتولوجية والوراثية ناقشه ( Riley , 1965 ) ، ومن النواحي الفسيولوجية ( Evans & Dunstone , 1970 ) ، مع زيادة التضاعف الكروموسومي ، وبالتغير من الأشكال البرية إلى المنزرعة وجدت زيادة متوازنة في الحبوب وحجم الأوراق بلغت أكثر من 20 ضعفاً مقرونة بانخفاض في معدل التبشيع الضوئي . وأصبح امتلاء الحبة ذا دوام أطول ومقترناً بالزيادة المتواصلة في تأخر موت الأوراق العليا . وانخفضت فترة تكون أنشطة الأقماع الثنائية البرية خلال تطور المحصول ، مثل ما حدث كذلك في استعمال نواتج البناء الضوئي في نمو الجنور ، وأعلى نسبة من هذه النواتج في الأقماع الحديثة يتم نقلها إلى الحبوب . إن هذه التغيرات تفرض من جهة على القمح هبوطاً في قدرته التنافسية والعيش في عشائر مضططة طبيعية ، ولكن من جهة أخرى يمكن تحقيق زيادة كبيرة في القدرة الإنتاجية للمحصول تحت الظروف المحكّمة بالطرق الزراعية .

لقد تم وصف نبات القمح وصفاً شاملاً بواسطة ( Perciva , 1921 ) ونوقشت جوانبه الفسيولوجية بواسطة ( Peterson , 1965 ) و ( Quisenberry & Reitz , 1967 ) و ( Wardlaw , 1974 ) .

قبل أن نأخذ في الاعتبار الخطوات المتعددة في دورة حياة محصول القمح ، يعتبر من

الأهمية التأكيد على المدى الواسع والظروف المتلاحقة المختلفة التي تواجه القمح في أنحاء متفرقة من العالم . إن كثيراً من القمح ينمو تحت ظروف موسمية متعاقبة مشابهة لتلك التي تطور فيها . وبالتحديد في مناطق عند خطوط عرض منخفضة ( حوالى 30° ) حيث يعضى المحصول نموه الخضرى في أيام الشتاء الباردة والقصيرة ( 10 - 11 ساعة ) وذات شدة إشعاع منخفضة نسبياً .

يحدث بداية تكوين الأزهار وتمايز السنابل عند الزيادة في طول النهار والإشعاع الساقط والحرارة بينما يحدث إمتلاء الحبوب عند أشعة أشد سطوعاً مع طول النهار ما بين 13 إلى 14 ساعة . غير أن الزيادة السريعة في درجات الحرارة ( بدرجة حرارة عظمى يومية 30° م أو أكثر ) وزيادة الإجهاد المائى غالباً ما تحد من فترة امتلاء الحبوب . وبالتالي يعتبر التطور التكاثرى السريع حالما ينتهى خطر الصقيع ضرورياً للتأقلم الفعال لمثل هذه الظروف باستثناء المحاصيل التي تحت الري . ويتبع هذا النمط من الظروف ، الأقماح التي تزرع في مناخ البحر الأبيض المتوسط حال سقوط أمطار الخريف أو عند نهاية المونسون ( monsoon ) كما في الهند . ( Asana , 1966 )

تحت الظروف المناخية الأكثر قارية ، عند خطوط عرض حتى 60° أو أكثر يمكن أن تمر المحاصيل المزروعة في الربيع خلال دورة حياتها كلها بظروف النهار الطويل ، وزيادة حادة في درجة الحرارة والإشعاع . وغالباً ما تتعرض للإجهاد المائى خلال فترة امتلاء الحبوب ، والتي يمكن أن تنتهى خلال شهر في منتصف الصيف كما في المروج الكندية والروسية .

ومن جهة أخرى ، في الظروف المناخية البحرية عند خطوط عرض متوسطة الارتفاع كما في أوريا الغربية . نجد أن التمايز الزهرى يحدث حيث يكون النهار طويلاً ومستمرأ في الزيادة ، ولكن امتلاء الحبوب يحدث في الغالب بعد منتصف الصيف في درجات حرارة باردة نسبياً ( حوالى 20° م ) ، ويكون بالتالى أكثر امتداداً ، ويحدث النضج مع التضاؤل في الإضاءة .

من المرجح أن الصفات التي تعطى إنتاجيات عالية تختلف كثيراً تبعاً للظروف البيئية من منطقة إلى أخرى ، وحتى تحت الظروف البيئية الواحدة يُحتمل وجود استراتيجيات عديدة للنجاح .



## النمو الخضري

### إنبات البذور وتكشف البادرات :

يحدث الإنبات بين 4 و 37 °م ، بينما درجة حرارة 20 - 25 °م هي الحرارة المثلى . وأقل محتوى رطوبي للإنبات هو 35 - 45 ٪ من وزن الحبة الجاف ، ويكون الإنبات أكثر سرعة بزيادة المحتوى الرطوبي عن هذا المعدل . وليست هناك أهمية كبرى للإضاءة في التحكم في إنبات القمح ( Grahl , 1965 ) . إن درجة السكون تعتبر ذات قيمة لمنع الإنبات في السنبلات قبل الحصاد في الظروف الحقلية الرطبة ؛ خاصة بعد إدخال المكنة في الحصاد ( Belderok , 1961 ; Jensen , 1967 ) .

يمكن أن يحدث الإنبات عند رطوبة نسبية تساوي 97.7 ٪ والتي تحت نقطة الذبول الدائم للنبات النامي ( Owen , 1952 ) ، ويتطور البادرة تصبح أكثر حساسية لنقص الماء ( Milthorpe , 1950 ) إن زيادة عمق البذر للتغلب على مشكلة عدم إكمال الإنبات عقب سقوط الأمطار الخفيفة في بداية الموسم يعتبر إجراءً طبيعياً ، ولكن هذا يقلل في المقابل من قوة البادرة .

بعد الإنبات تمتد الجنور الجنينية في التربة ويخترق غمد الريشة التربة ناحية السطح ، وترتفع منطقة النمو بعد ذلك إلى السطح بواسطة تمدد السلاميات التي فوق غمد الريشة . لقد أظهر معدل التكشف في القمح تبايناً وراثياً ، وهو مرتبط إيجابياً بطول غمد الريشة وارتفاع النبات ، وإذا كان مشكلة في البداية في الأقماع القصيرة ، ولم يكن انتخاب الغمد الطويل للريشة فعالاً إلا جزئياً في تحسين تكشفها ( Allan et al , 1962 ) ومن بداية الإنبات إلى حين تكشف أول ورقة خضراء للضوء يكون النمو معتمداً على المخزون من المواد الكربوهيدراتية في الإندوسبيرم والتي يستعمل أكثر من نصفها بواسطة الجنور الجنينية ( Willims, R 1960 ) وتكون الحبة الأكبر ذات مخزون أكبر وأسرع في تكون البادرات وغالباً ما تعطى إنتاجية أكبر في الحصول المصاب بالحشائش أو غير الكثيف . غير أنها ليست دائماً كذلك في الزراعات النقية الخالية من الحشائش

( Percival 1921 ; Pinthus & Osher , 1966 ; Roy , 1973 )

إن محتوى البروتين قد يكون العامل الرئيسي بدلاً من حجم البذور في التأثير على تطور البادرة ؛ ( Lowe & Ries , 1973 ) ( Schlehuber & Tucker , 1967 )

فالمحاصيل التي من بذور عالية في البروتين والناجمة عن المعاملة بالسيمازين ( مبيد حشائش ) Simazine في الجيل السابق مثلاً يمكن أن تعطى إنتاجاً أعلى في البروتين والوزن الجاف ( Lowe et al . 1972 ) .

يمكن زيادة مقاومة المحصول للجفاف وذلك بجعل حبوب تقاوى المحصول تمتص الماء إلى حوالي 30 ٪ من وزنها الجاف لمدة 24 ساعة ثم تركها لتجف هوائياً مع إعادة ذلك عدة مرات ، ومثل هذه المعاملة تجعل الإنخفاض في محتوى الورقة النسيجي من الماء خلال فترة الإجهاد بطيئاً ( Woodruff 1969 ) وتعتبر الزيادة في الإنتاج على المرحلة التي حدث عندها الجفاف في دورة حياة النبات .

### نمو ووظيفة الجذور :

ينحصر نمو الجذور في منطقة تقع خلف قمة الجذر إلى 10 ملم (Eliasson, 1955) ويتراوح معدل التمدد بعد البداية السريعة أثناء الاعتماد على المخزون الغذائي بالحببة ( May et al . 1967 ) من 0.5 إلى 3.0 سم في اليوم في الجذر الأصلي الابتدائي والجذور العرضية ( Barley , 1970 ) ويكون ثابتاً نسبياً لمدة طويلة في وسط متجانس ( Brouwer , 1966 ) واختراق الجذور في الأرض الجافة يعتبر قليلاً إن لم يكن معدوماً ( Salim et al . 1965 ) .

عند درجات الحرارة المنخفضة يمكن للنمو الجذري أن يجتاز النمو الخضري ( Welbank , 1971 ) ولكن ارتفاع درجة الحرارة يزيد النمو الخضري أكثر من زيادة الجذور ( Brouwer , 1966 ) . ويظهر أن النمو الخضري له درجة حرارة مثلى أعلى من تلك التي للنمو الجذري . ولكن هذا الاختلاف يمكن أن ينتج من زيادة التنافس على نواتج البناء الضوئي بين المجموع الجذري والخضري عند درجات الحرارة العالية ( Friend, 1966; Wardlaw , 1968 ) .

كذلك ترتفع نسبة المجموع الجذري للخضري بزيادة شدة الإضاءة (Nelson, 1963) وتعتبر الجذور منافساً ضعيفاً مع الأعضاء الأخرى عندما لا يوجد إلا قدر محدود من المواد الكربوهيدراتية باعتبار أن الأوراق السفلى للساق هي مصدرها الرئيسي من المواد الغذائية ( Wardlaw, 1967 ; Rawson & Hofstra , 1969 ) . ومن جانب آخر وبإجهاد مائي متوسط يمكن أن ينخفض النمو الخضري أكثر مما يحدث في البناء الضوئي، ولكن بعض

من النمو الجذري يمكن أن يظل نشطاً مما يؤدي إلى الزيادة في نسبة المجموع الجذري إلى الخضري وبالمثل القدر المحدود من النيتروجين يمكن أن يقلل من النمو الخضري ، ولكن يزيد من تعدد الجذور ونسبة المجموع الجذري إلى الخضري ( Brouwer 1966 ) . هناك نوعان مميزان من الجذور تتطور في القمح ، الجذور الجذبية والتي تنشأ مباشرة من الحبة أو من تحتها ، والجذور العرضية والتي تنشأ من عقد الساق فوق الحبة . وبعد خروج الجذر الابتدائي من غمد الجذير يتبعها أول زوج من الجذور الجانبية ، وبعد ذلك الزوج الثاني من الجذور الجانبية بنفس طريقة الزوج الأول غير أنها أعلى قليلاً .

يمكن أن تنمو الجذور الجانبية مبدئياً عند حوالي 60 ° من الاتجاه العمودي ، ولكن غالباً ما تتحول إلى الاتجاه العمودي عندما يصل طولها من 5 إلى 30 سم

(Passioura, 1972; Barnard, 1974) تصل الجذور العمودية غالباً إلى عمق

1 - 2 متر ، ويعتمد ذلك على ظروف التربة ( Barley , 1970 ) .

تظهر الجذور العرضية فيما بعد عند عقدة غمد الريشة وبعدها من العقد التي فوقها وتختلف في العدد من لا شيء على الإطلاق تحت ظروف الجفاف إلى أكثر من (Locke & Clark , 1924 100) .

وفي العادة يطور كل شطاً جذوره العرضية وبعد كل مجموع جذري المجموع الخضري الذي ينتهي إليه ( Krassovsky, 1926; Boatwright & Ferguson 1967 )

من الناحية الوظيفية يظهر أنه لا توجد إلا فروق قليلة بين جزئي المجموع الجذري ، رغم اختلافهما الواضح في طريقة التوزيع . ويستمر نمو المجموع الجذري تحت الظروف الحقلية إلى مرحلة طرد السنابل حيث عندها يمكن أن يتوقف . كذلك يمكن أن تتحلل الجذور خلال امتلاء الحبوب ( Brenchley & Jackson , 1921 ; Asana & Singh, 1967 ) غير أنه بتوفر الماء والغذاء يستمر نمو الجذور وإزاحة العناصر الغذائية بطريقة جيدة خلال فترة تكون الحبوب . ( Carpenter et al . 1952 )

إن محاصيل الحبوب الشتوية لديها النزعة لإنتاج وزن من الجذور أكبر ؛ مما تنتجه المحاصيل الربيعية ( Troughton , 1962 ) ، ويظهر أن ذلك ناجم عن طول فترة النمو عند درجات حرارة منخفضة ، وتختلف الأصناف في توزيع وحجم المجموع الجذري



(Pinthus & Eshel, 1962 ; Asana & Singh, 1967; Derera et al 1969)  
وعلى الرغم من أنه لا يوجد اختلاف ملحوظ بين أصناف الأقماح الطويلة والقصيرة من هذه  
الناحية ، إلا أن الوزن الجذري أحياناً ما يكون أكبر في أصناف الأقماح القصيرة ( غير  
منشور , Fischer ) ، وذلك كما في النباتات التي قزمت باستعمال مثبطات النمو  
( Humphries , 1968 ) .

يتوقف مدى التعمق الأمثل للجذور على كل من الظروف المناخية ونوعية التربة . في مناخ  
البحر الأبيض المتوسط على سبيل المثال . . ربما يكون تعمق نفاذية الماء قليلاً بينما تحت  
ظروف رياح المونسون monsoon يمكن أن يكون المطر قليلاً خلال نمو المحصول ، الذي  
يعتمد كثيراً على مخزون الماء السابق في الأعماق ، وفي الحالة الأخيرة يكون نمو وتعمق  
الجذور مفيداً في الإبقاء على امتصاص الماء ( Salim et al.1965; Hurd,1968 )

إن زيادة كفاءة استعمال المياه يمكن أن تتحقق بالحد من قدرة النباتات على امتصاص  
الماء من التربة خلال النمو المبكر للمحصول والإبقاء على كمية لدعم مرحلة امتلاء الحبوب .  
إن هذا يمكن تحقيقه بانتخاب نباتات ثوات أوراق صغيرة وقائصة ، وثوات أشطاء قليلة .  
هناك بديل آخر اقترحه ( Passioura ( 1972 ) ، وهو انتخاب للمقاومة العالية لانتقال  
الماء ؛ خاصة في الجذور الجنينية ، التي فيها تسود حركة الماء بواسطة وعاء خشبي أولى كبير  
فردي .

احتياجات القمح من العناصر الغذائية المعدنية تم مناقشتها بواسطة ( Kostic et al. ( 1957  
يعتمد نمو المجموع الخضري على نشاط الجذور ، ولا يقتصر دور الجذور على امتصاص  
العناصر الغذائية والماء ؛ حيث تستطيع جـذور محاصيل الحبوب أن تختزل النترات ( Miflin , 1967 )  
ولكن أغلب اختزال النترات غالباً ما يحدث في الأوراق في وجود الضوء ( Stoy, 1955; Minotti & Jackson , 1970 )  
والجذور يمكن أيضاً أن تصنع  
الاحماض الأمينية ، وتعتبر كذلك مصدراً لمواد النمو مثل السيـتوكينينات Cytokinins  
للمجموع الخضري . غير أن أهمية دورها في هذه الناحية غير واضحة .

### نمو الأوراق :

يعتمد المعدل الذي تتكون عنده الأوراق في المرستم القمي وكذلك خروجها وأنبساطها  
، وشكل وحجم النصل الناشج على درجة الحرارة وشدة الإضاءة وطول النهار والحالة الغذائية

للترية التي ينمو فيها النبات . وتحت ظروف ثابتة من الإضاءة والحرارة تحصل Friend et al ( 1962 ) ، على أقصى مساحة للورقة الواحدة عند 10000 - 19000 × 1 و 20° م . ودرجة الحرارة لأقصى عرض أقل من تلك التي لأقصى طول للنصل ( Chonan , 1971 )

يعتبر ترتيب الأوراق على الساق أحد النواحي المهمة في تركيب الكساء الخضرى . وتكون الأوراق السابقة في تكوينها لتخليق الأزهار قريبة من التاج ، ولكن بعد التخليق الزهرى تستطيل سلاميات الساق ، وتتباعد الأوراق عن بعضها أكثر في مستوى عمودى ؛ لتعطى بذلك توزيعاً للضوء أكثر فاعلية داخل الكساء باستثناء الأنواع الشديدة التقزم . ويتم الحصول على أقصى مساحة ورقية للساق قبل الطرد وعند الكشف التام لورقة العلم ( Watson et al. 1963 ; Fischer & Kohn , 1966 ; Puckridge, 1971 )

### التغريع القاعدى أو تكوين الأشطاء :

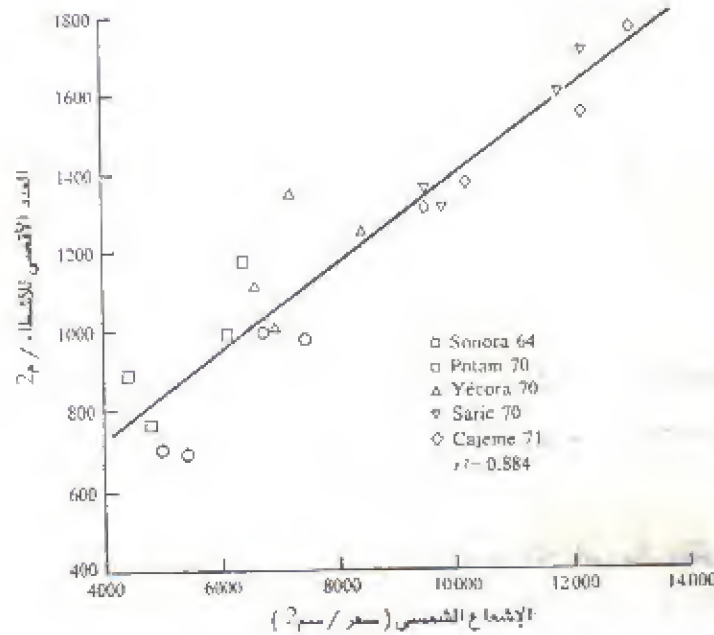
عقب الإنبات يتم تكوين بدايات البراعم الفرعية على القمة النامية الخضرية 2 - 3 بلاستو أكرونس ( plastochrones ) بعد بدايات الأوراق المقابلة . ويعتمد تحدد البرعم الذى يبدأ فى النمو على عمق الزراعة ( Percival , 1921 ) ودرجة الحرارة ( Taylor & Mc Call , 1936 ) فعند عمق حوالى 5 سم غالباً ما يكون البرعم الطرفى الثالث هو البادئ فى النمو ، ولكن فى الزراعة السطحية أو غير العميقة وجد Rawson ( 1971 ) أن 90 ٪ من براعم غمد الريشة يمكن أن تنتج أشطاء فى بعض أصناف القمح إلا أنه لا يصل منها إلى النضج إلا أعداداً قليلة .

يظهر أن التبدل فى الظروف البيئية ليس له إلا تأثير قليل نسبياً على تخليق براعم الأشطاء عند القمة ، ولكن له تأثير ملحوظاً على النمو اللاحق لهذه البراعم . يكون الشطاء خلال نموه المبدئى منطقياً فى غمد الورقة الحاملة أو الداعمة له . ويعتمد بالكامل على الساق الرئيسى فى احتياجاته من المواد الكربوهيدراتية والعناصر الغذائية . ولا تستقل الأشطاء عن الساق الرئيسى الأم ، إلى أن تكون ثلاث أوراق ناضجة مع تكون الجنور العرضية عند قاعدتها . ويمكن تشجيع ظهور الأشطاء بشدة الإضاءة العالية ( 1966 ; Friend 1965 b ; Khali, 1956 ) وبالتغذية ( Asana et al. 1966 ; Gericke , 1922 ) ويصل معدل ظهور الأشطاء أقصاه عند درجة 25° م طبقاً لـ Friend ( 1966 ) ، ولكن Rawson ( 1971 ) وجد

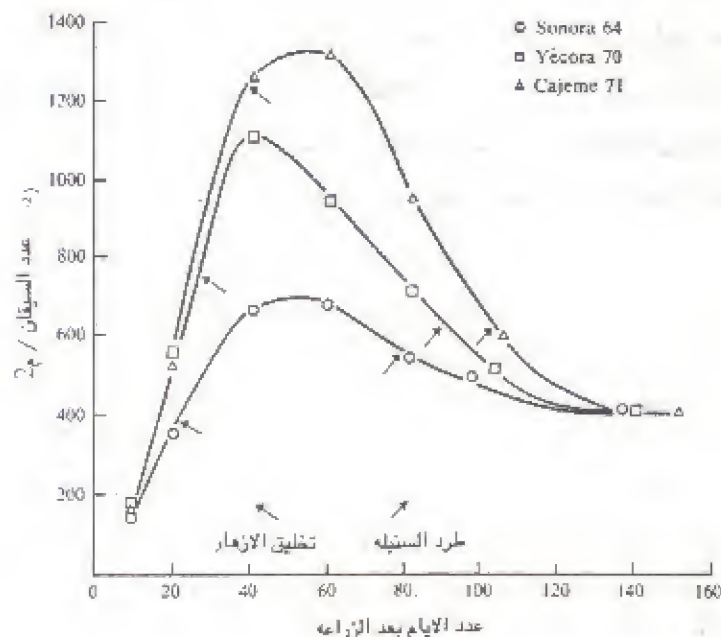


أعداداً أكبر من الأشطاء عند درجات حرارة أقل .

غالباً ما تسبب بداية استطالة الساق عند تكوين الأزهار توقفاً مؤقتاً لظهور الأشطاء ( Jewiss , 1972 ) ، وتعتمد أقصى كثافة للأشطاء يمكن الوصول إليها بعد ذلك على مستوى الإشعاع الشمسي إلى ذلك الحين ( شكل 1.5 ) ، وكذلك على الصنف ( Rawson, 1970 ) . غير أن الفروق بين الأصناف يمكن أن تتلاشى بانخفاض عدد الأشطاء اقتراباً من مرحلة الإزهار إلى حد غالباً ما يحدد بالظروف البيئية السائدة ( Bingham , 1969; شكل 2.5 ) .



شكل 1.5 : العلاقة بين أقصى عدد للأشطاء قيس بعد 6 إلى 9 أسابيع من الزراعة . وإشعاع الشمس الكلي في الفترة من تكشف البادرة إلى تخليق الأزهار . خمسة أصناف شبه قمزمية من الأقناع الربيعية ذات اختلافات في التضيغ ، وزرعت عند 4 مواعيد زراعة في الحقل تحت الري ومعدلات عالية من الأسمدة في محطة بحوث CIANO بالمكسيك R . A . Fischer . بيانات غير منشورة )



شكل 2.5 التغير في عدد السيقان مع الزمن في صف التمع المبكر ( Sonora 64 ) والمتوسط ( yecora 70 ) والمتأخر ( Cajeme 71 ) المزروعة في الحقل تحت الري والتسبب الكثيف في محطة تجارب CIANO بالمكسيك ( R. A. Fischer , بيانات غير منشورة ) .

ويمكن اعتبار الإشطاء التي لم تصل إلى مرحلة النضج بأنه رأس مال مفقود ، إلا أنه من الواضح بالرغم من أن الأشطاء يمكن أن تكون مستقلة ، إلا أنها لا زالت قادرة على النشاط المشترك ، وتحت الظروف السيئة يمكن لكل من العناصر الغذائية والمواد الكربوهيدراتية أن تتحرك بين الجامع الخضري المتجاورة (Smith, 1933; Waradlaw et al, 1965) وبالتالي فإن الأشطاء المتأخرة بالرغم من عدم اكتمال تطورها إلا أنها يمكن أن تكون ذات قيمة من حيث إمدادها المستمر للسيقان الحاملة للسنايل بالمواد الغذائية خلال المراحل الأخيرة من التطور (Palfi & Deszi , 1960; Rawson & Donald, 1969 ; Lupton & Pinthus, 1969) والأكثر من ذلك هو أن الأشطاء تزيد من المرونة في التكيف مع الظروف السيئة مثل ضعف

الإنبات وأضرار الصقيع ، وتستفيد من الظروف المناسبة فيما بعد خلال الموسم .

### نمو وصفات الساق :

يمكن أن يتراوح ارتفاع نبات القمح من 0.3 م في الأصناف القصيرة جداً إلى 1.5 م في بعض الأصناف الأوربية الطويلة . ولقد انتخبت الأصناف التقليدية الطويلة المستعملة من القمح ، خلال قرون من الزمن لسرعة تكشف بادراتها وقدرتها على التنافس مع الحشائش بتظليلها ، وإعطائها إنتاجية مناسبة بأقل عناية وبخصوبة منخفضة ( Athwal, 1971 ) غير أن هذه الصفات أصبحت غير مجدية بعد الزيارة في استعمال الأسمدة وإدخال الطرق الحديثة في خدمة الأرض ، بل يمكن أن تكون ضارة في حالة الأراضي الخصبة بسبب زيارة الرقاد .

وبالرغم من أن أنواع القمح القصيرة كانت معروفة منذ زمن إلا أن أول برنامج تربية مكثف للحصول على أقماح شبه قزمية أو قصيرة بدأ في اليابان منذ 50 سنة ، ولكن لم يتم انتشار أصناف قصيرة على نطاق واسع حتى الستينيات من هذا القرن ، وكان ذلك في كل من الولايات المتحدة والمكسيك ، ونورين 10 ( Norin 10 ) التي منها استنبطت معظم الأقماح الحديثة الشبه قزمية نتجت عن تهجينات بين النصف الياباني المحلي " Daruma " وصنفين أمريكيين ( Reitz & Salmon, 1968 ) . إن نجاح نورين 10 والهجن الناجمة منه يمكن أن يعزى كثيراً منه إلى الزيادة المصحوبة في التفرع ، وفي عدد الأزهار الخصبة في السنبلة وينفس القدر إلى الانخفاض في طول الساق .

تكون السلاميات المبكرة قصيرة ، ولا تحدث استطالة ملحوظة للساق ، إلا بعد تكوين الأزهار ( Chinoy & Nanda, 1951 ) ويشبه النمو اللاحق للساق نمو الورقة حيث إنه من مرسم بينى . ولا تستطيل السلامية إلا بعد أن تكون الورقة الظاهرة فوقها قد اكتملت في تمدها . ويمكن للسلاميات القمية أن تستمر في الاستطالة إلى ما بعد الأزهار والتلقيح . وتساعد أغماد الأوراق الملتفة في حفظ الساق مستقيماً ، حيث أنه في فترة تطوره يكون طبيعياً أولياً . وتزيد السلاميات تدريجياً في الطول من القاعدة إلى قمة الساق ، وأعلى سلامية يمكن أن تشكل نصف طول المجموع الخضري ( Percivat, 1921; Rawson & Evans, 1971 )

يتزامن نمو الساق مع نمو الأوراق والجنور والسنابل ، ويتفق النمو السريع للسنابل مع نمو السلامية التي تحت ورقة العلم ( Wardlaw, 1974 ) . وبالمثل . . يمكن أن يتزامن



النمو المبكر للحبوب مع نمو حامل السنبل (Carr & Wardlaw, 1965; Wardlaw, 1970) وبالتالي يمكن أن يتنافس نمو الساق مع نمو السنبل تحت ظروف نقص نواتج البناء الضوئي (Rawson & Hafstra, 1969; Patrick, 1972; Friend, 1965 a) ولذا فتتصير العمليات العليا يمكن أن يوفر بعض نواتج البناء الضوئي لمزيد من التخليق الزمري ، أو لامتلاء الحبوب ، أو الزيادة في التفرع كما اقترح (Simpson, 1968) غير أن التفرع يمكن ألا يتأثر كثيراً (شكل 2.5) ، يمكن لأنسجة الساق الناضج أن تخزن مواد كربوهيدراتية على شكل سكروز أو سكريات أكثر تعقيداً مثل oligosaccharides رغم أن النشا يصعب تحديده في بعض الأحيان (Barnell, 1938; Lopatecki et al 1962)

ويكون التخزين في الساق في أوج نشاطه عند وقت الإزهار قبل بداية نمو الحبوب ، حيث تكون مساحة الورقة بالغة أقصاها ونمو الساق والجنور بطيء جداً. ويقترح تحليل التغيرات في الوزن الجاف أن بعض المواد الكربوهيدراتية في الحبوب آتية من نواتج البناء الضوئي المتكونة قبل الإزهار ، والمخزنة مؤقتاً في الساق (Asana & Saini, 1962 ; Asana & Mani, 1950) ، وهذا تم تأكيد باستعمال نواتج البناء الضوئي الميسمة بـ <sup>14</sup>ك (Stoy, 1963) ، غير أن مثل هذه المواد الكربوهيدراتية المخزنة لا توفر إلا أقل من 10 ٪ من إنتاج الحبوب النهائي ، باستثناء ظروف الجفاف أو غيره من الإجهاد

(Asana & Saini 1958, Wardlaw & Porter, 1967; Rawson & Evans, 1971)

إن الأقماع الطويلة لديها ميزة تخزين كميات أكبر من نواتج البناء الضوئي لدعم نمو الحبوب تحت ظروف الإجهاد . ولكن وجد (Rawson & Evans, 1971) أن الأصناف الطويلة من القمح لم تكن أكثر اعتماداً على مخزون الساق من الأصناف القصيرة ، ولم تكن أكثر قدرة تحت الظروف الحادة للبناء الضوئي على سحب ما هو مخزون . إن الأجزاء المكشوفة من الساق مثل الغمد قادرة على البناء الضوئي ، وهذه يمكن أن تكون ذات قيمة تحت ظروف الإجهاد (Wardlaw 1971) .

### البناء الضوئي في الورقة :

يتحقق البناء الضوئي في القمح بواسطة نورة كالفن (Graham et al . 1960)

وبالتالى . فإن نقطة التعويض لثانى أكسيد الكربون عالية ، وتقدر بحوالى 50 جزء فى المليون فى كل أنواع وأصناف القمح ( Moss et al. 1969 ; Dvorak & Natr , 1971 ) بينما نقطة التعويض للضوء تزيد زيادة ملحوظة بارتفاع درجة الحرارة ( Meidner, 1970 ) والسلوك الضوئى فى عملية البناء فى أوراق القمح يعاثل كثيراً ذلك الذى يحدث فى نباتات المحاصيل الأخرى ( Mc Crec, 1972 ) .

وأظهر اعتماد صافى البناء الضوئى على الحرارة نطاق واسع من الحرارة المثلى يقع بين 10 و 25 °م محتفظاً بالمعدلات العالية عند درجات حرارة منخفضة ، ولكنه ينحدر بشدة عند الدرجات العالية (Murata & Iyama 1963; Stoy, 1965; Friend, 1966; Swada, 1970 )

يزيد التنفس الظلامى بارتفاع درجة الحرارة ( مثلاً من 0.3 إلى 2.5 ملجم ك أ<sub>2</sub> / د سم<sup>2</sup> / ساعة بين 15 و 32 °م ; Stoy, 1965 ) كما يحدث لمعدل التنفس الضوئى بين 14 و 35 °م ( Jolliffe & Tregunna, 1968 ) . يميل التنفس الضوئى إلى التناقص عند معدلات أعلى من ثانى أكسيد الكربون . وهذا يمكن أن يعزى إلى ما وجدته ( 1972 ) Mac Dowall وهو أن الارتفاع فى معدل ثانى أكسيد الكربون عند شدة الإضاءة المنخفضة يكون أكثر حثاً على النمو منه عند شدة الإضاءة العالية .

عند المعدلات الحيوية لثانى أكسيد الكربون ، يصل البناء الضوئى للورقة فى الأقماع الحديثة نقطة التشبع الضوئى عند حوالى  $1/3 - 1/2$  الإضاءة الشمسية الكاملة بمعدل 30 - 35 ملجم ك أ<sub>2</sub> / د سم<sup>2</sup> / ساعة . إلا أن هذه المعدلات تكون أعلى فى الأسلاف البرية ، وذات قابلية أقل للتشبع الضوئى حيث تصل إلى أكبر من 70 ملجم ك أ<sub>2</sub> / د سم<sup>2</sup> / ساعة بالزيادة فى الإشعاع الساقط إلى الإضاءة الشمسية الكاملة ( Evans & Dunstone, 1970 ; Khan & Tsunoda , 1970 ) ، فى حالة نمو النباتات تحت شدة إضاءة عالية . وتأثر معدل البناء الضوئى فى الأقماع الحديثة بظروف الإضاءة أثناء النمو أقل مما فى الأقماع الثنائية . تكون الفروق الواضحة بين الأنواع مقرونة بفروق متوازية فى كل من الصورة الغازية والمقاومة لتبادل ثانى أكسيد الكربون ( Danstone et al. 1973 ) .

إن معدل البناء الضوئى للورقة تحت الظروف البيئية المعطاة ، يمكن



أن يتباين بمدى الضعفين ، ويعتمد ذلك على الحاجة لنواتج البناء الضوئي ( Birecka & Dakic (Wlodkowska , 1963 ; King et al . 1967 ) حيث إن معدل ورقة العلم يمكن أن ينخفض بحدة خلال ساعات من إزالة السنبل و يرتفع مرة أخرى عندما تزيد حاجة مستودعات بديلة كالأنشطة الصغيرة لنواتج البناء الضوئي من أوراق العلم . إن تأثير الارتداد الغذائي هذا يمكن أن يعلل بعض الاختلافات في معدل البناء الضوئي بين الأنواع ، عندما تنمو تحت معدلات عالية من شدة الإضاءة . ويمكن أيضاً أن يفسر التغيرات التي تحدث مع الزمن في معدل البناء الضوئي لورقة العلم تحت الظروف المعطاة ، وفي عديد من الأقماع يحدث إنخفاض في المعدل عند طرد السنبل لمدة حوالى أسبوع بعد الإزهار حيث يكون التفريع بطيئاً وكذلك إستطالة الساق ولكن لم يبدأ النمو السريع بعد ، وعندما يحدث ذلك يرتفع معدل البناء الضوئي لورقة العلم مرة أخرى ( Birecka & Dakic - wlodkwska 1966; Evans & Rawson , 1970 ; Rawson & Evans , 1971 ) غير أن الإنخفاض في المعدل بعد التزهير لم يتم إثباته بصفة دائمة ، وربما يكون ذلك راجعاً لتوفر المستودعات لنواتج البناء الضوئي في ذلك الحين ( Swada , 1970 ; Osman & Milthorpe , 1971 ) إن التغيرات في الطلب على نواتج البناء الضوئي يمكن أن تفسر أيضاً بعض الفروق التي بين الأوراق الحديثة والقديمة في معدلات البناء الضوئي ( Dunston et al . 1973 ) ، ولكن يمكن أن يكون للعوامل التشريحية دخل في ذلك ، فمثلاً أظهر ( Chonan 1965 ) أن عدد التورمات على خلايا النسيج الوسطى للورقة التي تزيد بها نسبة السطح إلى الحجم ، يزيد في الأوراق الحديثة التكوين ، خاصة في النباتات النامية تحت شدة إضاءة عالية ( Chonan, 1966 ) ويمكن في هذه الحالة أن تكون الخلايا الصغيرة مرتبطة أو لها علاقة بمعدلات من البناء الضوئي أعلى كما في الأقماع الثنائية ( Dunstone & Evans , 1974 ) . إن هذا يمكن أن يفسر إلى حد ما وجود معدلات منخفضة من البناء الضوئي في بعض الأنواع أو الأصناف من القمح ( Evans & Dunstone, 1970 ) وحيث إن القدرة الإنتاجية العالية مرتبطة ارتباطاً قوياً بالأوراق الكبيرة ، لذا يمكن أن تكون لها كذلك علاقة سلبية مع معدل البناء الضوئي للورقة ( Planchon , 1969 ; Stoy, 1965 ) . ووجد ( Natr ( 1966 ) علاقة موجبة بين معدل البناء الضوئي والإنتاجية ولكن في نهاية الموسم فقط أي عند انحدار المعدلات ، وبالتالي فإن نتائجها يمكن أن تكون تعبيراً عن حقيقة أن الأوراق في الأصناف العالية الإنتاجية تميل إلى التأخر في الشيخوخة .

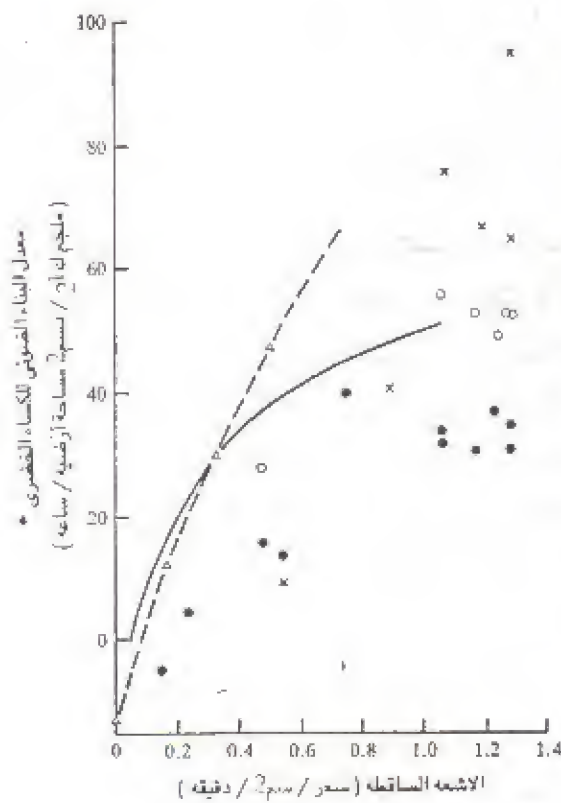


## البناء الضوئي للكساء :

غالباً ما يكون محصول القمح مادة لتحليل النمو لتحديد صافي معدل البناء الضوئي به ( Watson et al . 1963 ) . ومادة للدراسات الخاصة بالأرصاء الجوي الدقيق ( Huber 1952 ; Penman & Long , 1960 ; Denmead , 1969 ; 1970 ) . والبناء الضوئي في محاصيل القمح تمت دراسته أيضاً في الحقل بإستعمال الحواجز ( Puckridge , 1971 ; Puckridge & Ratkowsky , 1971 ) وفي حجرات نمو مضاعفة صناعياً ( Wang & Wei , 1964 ; King & Evans , 1967 ) .

تعتمد العلاقة بين الإشعاع الساقط وصافي البناء الضوئي للمحاصيل على دليل مساحة الورقة وتركيب الكساء الخضري كما سيرد نقاشه ، ولكن بعض النتائج لأكسية خضرية مروية جيداً ومتطورة في الحقل تم الحصول عليها من الدراسات القياسية لحركة الهواء ، ومن محاصيل داخل حواجز وكذلك من حجرات نمو مبينة في الشكل 3.5 . فعند معدلات منخفضة من الإشعاع (  $0.4 > \text{سم}^2 / \text{دقيقة}$  ) يزيد البناء الضوئي للمحصول زيادة تكاد تكون خطية بالزيادة في الإشعاع . ويوم التشبع الضوئي الواضح عند معدلات عالية من الإشعاع يختلف كثيراً من يوم ليوم في الحقل . ولقد أظهرت قياسات ( Denmead ( 1970 في 15 أكتوبر ؛ حيث كان ثاني أكسيد الكربون الجوي مرتفعاً ، دليلاً ضعيفاً على زيادة التشبع الضوئي والمعدلات القصوى للبناء الضوئي مقارنة بما في 16 أكتوبر حيث كانت معدلات ثاني أكسيد الكربون الجوي وسرعة الرياح أقل .

إن العلاقة بين صافي التبادل لثاني أكسيد الكربون ودليل مساحة الورقة لمحاصيل القمح مبينة في شكل 4.5 حيث يزيد صافي البناء الضوئي متمشياً مع الزيادة في دليل مساحة الورقة إلى أن تصل حوالي 6 . ولكن أبعد من ذلك كان صافي معدل تبادل ثاني أكسيد الكربون مستقلاً عن دليل مساحة الورقة وبدون نقطة واضحة للحد الأمثل ( Wang & Wei , 1964 ) وأظهرت أيضاً تجارب تحليل النمو التي أجراها ( Stoy ( 1965 عدم وجود انخفاض في معدل نمو المحصول عند قيم لدليل مساحة الورقة تصل 9 ، مع أن معدل صافي البناء لوحدة مساحة الورقة ينخفض بالزيادة في دليل مساحة الورقة . تسهم الأوراق العليا الأكثر إضاءة بالقدر الأعظم من صافي البناء الضوئي للمحصول ( Denmead, 1969; 1970 Puckridge , 1969 ) ، وكان استنزاف ثاني أكسيد الكربون خلال



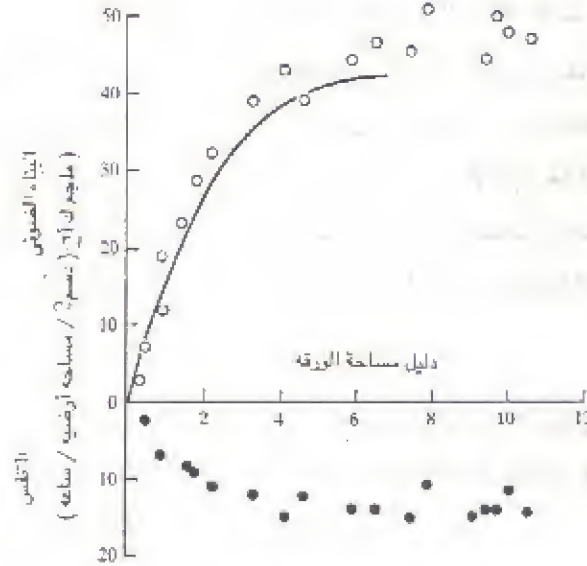
شكل 3.5 : البناء الضوئي في محاصيل القمح في علاقته مع الإشعاع الساقط :

( أ ) في الحقل ( أكتوبر 14 = ○ ; 15 = x ; 16 = ● ) ( Denmead , 1970 )

وبيانات غير منشورة ) .

( ب ) في حقل ومسيج - خط متصل ( Puckridge & Ratkowsky , 1971 )

( ج ) في حجرة نمو مساحة صناعياً - خط متقطع ( King & Evans , 1967 )



شكل 4.5 : العلاقة بين البناء الضوئي أو التنفس ودليل مساحة الورقة في محاصيل القمح .

المخط المتصل لمحصول حقل تحت إشعاع ساقط يساوي 0.6 سعر / سم<sup>2</sup> / دقيقة ( من Puckridge & Ratkowsky , 1971 ) ؛ الدوائر لمحصول في حجرة مضأة صناعياً ذات إشعاع مرئي يساوي 0.27 سعر / سم<sup>2</sup> / دقيقة ؛ النقط لنفس المحصول في الظلام عند 20 °م ( من King & Evans , 1967 ) .

المحصول في النهار واضحاً في منطقة الأوراق العليا . ولقد كان التدفق (Flux) الصاعد لثاني أكسيد الكربون من التربة في المحصول الذي قام بدراسته Denmead واضحاً ووسط الأوراق السفلى ، مع احتمال أنه كان كافياً لسد الثث من الإحتياجات الكلية للمحصول خلال النهار . وحيث أن صافي البناء الضوئي للمحصول لم يظهر انخفاضاً عند قيم عالية من دليل مساحة الورقة ، لذا من المستبعد أن يوجد صافي فقد لثاني أكسيد الكربون ؛ نتيجة تنفس الأوراق السفلى خلال ضوء النهار .

إن التنفس والبناء الضوئي بواسطة السنابل سوف يؤخذ بعين الاعتبار فيما بعد ، غير أنه يجب أن يلاحظ هنا أن أغصدة الأوراق والسيقان يمكن أن تسهم وبوفرة في صافي البناء



الضوئي بواسطة المحصول Puckridge, 1969; Evans & Rawson, 1970  
(Rawson & Evans, 1971) ولكن قارن (Swada, 1970)

إن علاقة البناء الضوئي والاستجابة للضوء الخاصة بالأوراق غالباً ما تحدد بالإضاءة الساقطة عمودياً . وفي حالة الإضاءة المائلة تكون شدة الإضاءة المعادلة متناسبة طردياً مع جيب التمام لزاوية سقوط الإشعاع (Kriedemann et al. 1964) , إن هذا معاً مع معرفة تركيب الكساء قد سمح بوضع نماذج صورية فعالة للبناء الضوئي المحصولي تحت ظروف خالية من الإجهادات (Connor & Cartledge, 1971; Osman, 1971a; Lupton, 1972)

### التنفس :

في الوقت الذي أصبح فيه الآن وضع نماذج صورية للبناء الضوئي ممكناً وبيثقة معقولة وعلى الأقل تحت الظروف الخالية من الإجهاد . . نجد أنه من المتعذر وضع نموذج صوري للتنفس مرضى نظراً لعدم كفاية البيانات والأفكار .

لقد قيس التنفس الظلامي للأوراق تحت تأثيرات العمر ودرجة الحرارة والموسم والصنف مراراً ( Stoy, 1965 ; Swada, 1970 ) . ولقد كانت معدلات الخارج من ثاني أكسيد الكربون لوحدة الوزن الجاف للأوراق عند أعمار ودرجات حرارة مختلفة مشابهة لتلك التي في الجنور ، ولكنها أقل وبدرجة ملحوظة عن تلك التي في السيقان ( Swada , 1970 ) غير أن المعدل التنفسي للساق ينخفض إلى مستويات أقل بكثير حالما تكتمل الاستطالة ( 0.2 - 0.7 ملجم ك أ<sup>2</sup> / جم وزن جاف / ساعة ) ( Stoy, 1965; Rawson & Evans, 1971 ) مقارنة بـ 7 - 10 ملجم ك أ<sup>2</sup> / جم وزن جاف / ساعة ( Swada, 1970 ) ، ويبقى ثابتاً خلال مدة امتلاء الحبوب .

عند تلك المرحلة يتناسب معدل التنفس لوحدة الوزن الجاف من الساق عكسياً مع طول الساق وتكون أعلى أربع مرات تقريباً في الأصناف القزمية مقارنة بالأصناف المتوسطة ( Rawson & Evans , 1971 ) ، وبالتالي توجد فروق كبيرة بين الأصناف في الفاقد في وزن الساق ، الناجم عن التنفس خلال فترة امتلاء الحبوب ، وهذا بصفة عامة يشكل حوالي ثلث الفاقد الكلي في وزن الساق أما الباقي فيحتمل أن يكون ناجماً عن الانتقال .

يختلف تنفس الجنور باختلاف التوقيت اليومي في علاقته بالبناء الضوئي . حيث إنه ينخفض تدريجياً أثناء الليل ويرتفع بسرعة حالما يبدأ البناء الضوئي في وجود الضوء

( Neales & Davies , 1966 ; Osman , 1971 , a ) إن التنفس الظلامي لمحصول القمح لا يتناسب طردياً مع الوزن الجاف المتراكم أو دليل مساحة الورقة ، ولكن يصل إلى مرحلة مستقرة عندما يزيد دليل مساحة الورقة على الستة ( قارن شكل 4.5 ) ، ويكون المعدل في اللحظة التي عند درجة 20 °م حوالى ثلث صافى معدل البناء الضوئى عند كل مرحلة نمو ( King & Evans , 1967 ) . وبالتالي ، فإن التنفس الظلامي يقل كثيراً بزيادة نمو المحصول ، كما أوضح ( Puckridge & Ratkowsky ( 1971 ) وبيادرات من القمح وجد ( Swada ( 1970 أيضاً علاقة خطية بين تنفس النبات ومعدل البناء الضوئى ، إلا أنها كانت ذات تباين موسمي كبير .

يوجد افتراض مهم في بعض الطرق المتبعة في تقدير تنفس المحصول ، وهو أن التنفس مقيد وبشدة في كل مراحل تطور المحصول . غير أنه وجد في نباتات من القمح أزيلت سنابلها خلال فترة امتلاء الحبوب ، أن الفاقد النسبي لنشاط <sup>14</sup>C المثبت في البناء الضوئى ، كان أعلى مما في النباتات الحاملة للسنابل ( Baricka & Dakic - Wlodkowska , 1963 ; Birecka , 1968 ) وفي تجارب لاحقة وجد ( Birecka et al ( 1969 أن أخذ الأكسجين وإعطاء ثاني أكسيد الكربون بواسطة السلالميات الكاملة النمو لسبقان القمح يزيد بحوالى الضعفين عقب إزالة السنابل . هل عدم التقيد الظاهر للتنفس هذا ناجم عن تراكم نواتج البناء أو نتيجة للإصابة والضرر ؟ إن الإجابة على ذلك تحتاج إلى مزيد من البحث .

## التطور التكاثري

يعتبر توقيت الدورة التكاثرية في القمح أحد المحددات المهمة في الإنتاجية . حيث إنه إذا بدأ التطور الزهري مبكراً . . فإن احتمال إضرار السنابل الصغيرة الناجم عن الصقيع يكون كبيراً . ومن جهة أخرى ، إذا بدأ التطور متأخراً أو إذا كان بطيئاً . . فإنه من المحتمل أن يؤدي إلى قصر مدة امتلاء الحبوب نتيجة ارتفاع درجة الحرارة والإجهاد المائي ، أو يؤدي إلى ظهور بعض المشاكل في الحصاد . إن المدى الواسع للظروف البيئية التي ينمو فيها القمح يقابله مدى آخر واسع مساو له بين الأصناف في استجابتها للظروف البيئية ، أثناء تكون وتطور الأزهار . والتحكم في دورة التكاثر غالباً ما يتم تحقيقه باستجابة الأصناف للارتفاع

والنهار الطويل قبل تكوين الأزهار .

إن كثيراً من الأسلاف البرية والأقماح البدائية تظهر استجابات واضحة للارتجاع والنهار الطويل وتعتبر أهمية هذه الإستجابات واضحة من حيث التأقلم لمناخ منطقة البحر الأبيض المتوسط . ولقد أظهرت الأقماح الربيعية التي من المناطق الشمالية البعيدة مثل شمال أوروبا وكندا إستجابات واضحة للنهار الطويل . ولكن استجابتها للارتجاع كانت قليلة ، أظهرت الأقماح الشتوية من جهة أخرى استجابة قوية تصل إلى درجة الضرورة القصوى للارتجاع .

في مناطق خطوط العرض القريبة كما في استراليا والهند .. نجد أن أغلب الأصناف تتأخر في إزهارها بدرجة أقل نتيجة تأثير النهار القصير، ولكن حتى الأقماح الربيعية يمكن أن تظهر بعض الاستجابة للارتجاع . (1954; Cooper, 1956, 1957, Gott, 1961 Misra; Razumov & Liar, 1971; Syme, 1968) إن الحاجة للارتجاع في الأماكن الأقل برودة في الشتاء يمكن أن تكمن في تأخير الإزهار في الربيع ، ولكن دور الارتجاع في المناطق الباردة يمكن أن يكون في منع تكوين الأزهار في الخريف ، بينما الحاجة للنهار الطويل تؤخره حتى الربيع إلى أن يمر خطر الصقيع .

إن بعض التحكم في وقت الإزهار يمكن تحقيقه من خلال الاختلافات أو التباين في العمر الأدنى الذي تستجيب عنده النباتات لطول اليوم . ومن المعروف أن مثل هذه الاختلافات تحدث في الأرز ، ولكنها نادراً ما درست في القمح . بعض الأقماح يمكن أن تستجيب للنهار الطويل في الوقت الذي لم تظهر على النباتات إلا الورقة الأولى ( Cooper , 1956 ) ، بينما وجد ( Gott ( 1961 صنفاً كندياً غير حساس لطول النهار ، لمدة لا تقل عن 75 يوم . إن مثل هذه الاختلافات يمكن أن تكون مهمة في تحديد التأقلم المحلي والعمليات الزراعية .

### الارتجاع :

يعتقد أن الاستجابة للارتجاع تحدث في المنطقة القمية للمجموع الخضري ، وحتى في المنطقة القمية المبتورة للقمح (Ishihara , 1961) ، وبالتالي فإن كلاً من الحبوب المنتشرة للماء في التربة والنباتات الصغيرة الخضراء يمكن أن يتم ارتجاعها . وفي الحقيقة . حتى الحبوب المعرضة لدرجات حرارة منخفضة أثناء تطورها يمكن أن تستوفي احتياجاتها من الارتجاع وهي موجودة في السنبل (Weibel, 1958; Riddell & Gries, 1968b)



وتأثير الارتباج طبقاً لـ ( Chujo , 1966 a ) يقل بزيادة عمر النبات ويفقد بالكامل بعد ثلاثة شهور . يظهر أن الارتباج عند درجات حرارة أقل من  $0^{\circ}\text{C}$  يكون بطيئاً جداً ( Ahrens & Loomis , 1963 ; Schmalz , 1958 ) واقترح ( Junge ( 1959 ) أن  $3^{\circ}\text{C}$  كانت أكثر درجات الحرارة تأثيراً لعملية الارتباج في القمح الشتوى ، وكانت  $10^{\circ}\text{C}$  ملاءمة للامتصاص الربيعية ( Chujo , 1966 a ) وتعتبر  $11^{\circ}\text{C}$  هي الحد الأعلى للارتباج الفعال ، ولكن درجات الحرارة أثناء النهار حتى  $30^{\circ}\text{C}$  لا تقلل من التأثير الإرتباجي لليالي الباردة بشرط عدم تجاوزها 8 ساعات كل يوم ( Chujo , 1966 b ) . لأن الفترات الطويلة لدرجات الحرارة العالية أثناء الارتباج يمكن أن تبطل فاعليته ( Chujo , 1967 ) .

### ارتباج النهار القصير :

هناك تفاعل بين الاستجابة للارتباج وطول النهار ، كما يحدث في عديد من نباتات النهار الطويل . ويقلل الارتباج من الاحتياج للنهار الطويل بعده . ومن جهة أخرى تجد أن تعرض النباتات غير المرتبجة لأيام ذات نهار قصير خلال النمو المبكر ، يمكن أن يسرع من بداية تكون الأزهار بها إذا ما نقلت بعدها مباشرة إلى ظروف النهار الطويل ، كما لوحظ لأول مرة في القمح بواسطة ( Mckinney & Sando ( 1935 ) .

إن هذا النوع من الارتباج ، أي ارتباج النهار القصير يمكن أن يغنى عن الإحتياج للارتباج الناتج عن درجة الحرارة المنخفضة ، ووجد ( Cooper ( 1960 أن الأيام ذات النهار القصير تساوى في فاعليتها الأيام الباردة في الإسراع في التزهير لعديد من الأصناف . ولكن من جهة أخرى لم يجد ( Gott ( 1961 دليلاً على ارتباج النهار القصير ، وتقترح نتائج ( Krekule ( 1964 أن الأيام ذات النهار القصير يمكن أن تحل محل الارتباج البرودة ، ولكن في الأصناف التي يقف نموها تحت ظروف النهار القصير . ولا تستطيع أن تحل محل درجات الحرارة المنخفضة في الأصناف التي لا تبقى ساكنة تحت ظروف النهار القصير ، كما هو الحال في أغلب الأصناف التي في مناطق قريبة من خط الاستواء .

### الاستجابة للنهار الطويل :

إن أغلب أصناف القمح تعتبر من نباتات النهار الطويل كمياً ، حيث إنها تسرع في إزهارها بزيادة طول النهار ، ولكن دون حد أدنى لطول النهار ، بالرغم من أن

( 1946 ) Samygin ذكر عدداً من الأصناف تبدو أنها تبقى خضرية على نحو غير واضح تحت ظروف النهار القصير .

تختلف الأصناف بصفة رئيسية في المدى الذي عنده يتأخر الإزهار نتيجة للنهار القصير (Cooper, 1956; Gries et al. 1956) ، وأيضاً في المدى الذي عنده تتحور الاستجابة لطول النهار بدرجة الحرارة (Riddell & Gries, 1958 a) إن درجات الحرارة العالية لها تأثير قليل، عندما تكون مصحوبة بالنهار الطويل ، ولكن يمكن أن تزيد كثيراً من التأخير في الإزهار تحت ظروف النهار القصير لبعض الأصناف كالأصناف الصينية مثلاً . وفي أصناف أخرى كالـ " White Federation " يكون التأخير أكثر وضوحاً عند درجات حرارة منخفضة . إن الاستجابة للنهار الطويل هي استجابة حقيقية للفترة الضوئية ، ولا تتأثر إلا قليلاً بشدة الإضاءة خلال الجزء الأخير من النهار ( Riddell et al. 1958 ) .

### التطور الزهري :

لقد وصف (Bonnett 1967) التركيب الخارجى أو الظاهري لأزهار القمح ، وكذلك وصفها (Barnard 1955) من الناحية التشريحية بينما قدم (Williams, R.1966) وصفاً كيمياً مفصلاً لتطور الأزهار .

إن معدل تطور الأزهار غالباً ما يكون أسرع بارتفاع شدة الإضاءة

( Friend, 1965a ) ويزيادة طول اليوم (Williams R. & Williams, C. 1968) وارتفاع درجة الحرارة (Riddell & Gries, 1958 a) .

( Friend, 1965 a ; Riddell & Gries, 1958 a Halse & Weir, 1970 ; Rawson, 1970 ) وفي بعض الأصناف نجد أن حاجة الأزهار للنهار الطويل في تطورها تكون أكثر وضوحاً مما في بداية تكوينها ( Gott, 1961 Halse & Weir, 1970 ) . ويمكن لظروف النهار القصير أن تمنع تكون السنابل بالكامل ، أو تسبب انقسامات غير عادية ( Rawson, 1971 ) .

يكون عدد السنبيلات عالياً عندما تكون شدة الإضاءة عالية ( Friend, 1965 a ) ، وبالتالي ، فإن عدد السنبيلات يمكن أن ينخفض في حالة الكثافات النباتية العالية (Puckridge, 1968) وأيضاً في المحصول ذي الأشطاء الكثيفة أو بعد إزالة جزئية

للأوراق ( Davidson, 1965 ). وتزيد المعدلات العالية من النيتروجين عدد السنييلات ( Single 1964 ; Beveridge et al , 1965 ) ، ولكن فقط عندما تضاف قبل بداية تكون الأزهار ( Langer & Liew , 1973 ) .

وقد تؤدي أيضاً الظروف التي تسرع من تكون الإزهار إلى خفض عدد السنييلات ، وذلك بالإسراع في تكوين السنييلة الطرفية . وبالتالي وإلى حد ما ، تعتبر ملاحظة ( 1968 ) Thorne et al . بأن عدد السنييلات يتحدد بظروف سابقة لبداية تكون الأزهار ، ذات علاقة وثيقة بموضوع التزهير وخاصة في الأقماح الشتوية ، ولكن تجارب Rawson ( 1970 ) أظهرت كذلك ويوضح أهمية الظروف اللاحقة لبداية تكوين الأزهار . فمثلاً ، التعرض لظروف النهار الطويل أطول من المطلوب للحث المبكر قل وبدرجة كبيرة عدد السنييلات وعدد الحبوب وإنتاجية السنييلة بدرجة متناسبة . وفي الحقيقة توجد علاقة عكسية بين طول النهار وعدد السنييلات ( Rawson , 1971 ) .

وجد ( Pinthus 1967 ) أن الأقماح الشتوية التي تنمو في فلسطين لديها أعداد من السنييلات ، وإنتاجية حبوب أعلى من الأصناف الربيعية . وعلماً لما قام به ( Rawson , 1970 ) يظهر أن الأساس لهذه الاستجابة بصفة رئيسية ، هي الزيادة في إمكانية تراكم بدايات السنييلات عند قمة النباتات ، بسبب تأخر بداية تكون الأزهار نظراً لعدم تلبية احتياجات الارتباع . وبالتالي . فإن الانتخاب للإنتاجية العالية يمكن أن ينتج عنه ، بدون دراية حتجاز الاستجابة للارتباع كما هو الحال في عديد من الأقماح المكسيكية القصيرة . وطالما بدأ تكون الإزهار . فإن الاختلافات في معدل تطور الأزهار بين النباتات المرتبعة وغير المرتبعة تكون قليلة ( Cooper , 1956 ; Riddell & Gries, 1958 b )

بعد تكون السنييلة الطرفية ، لم يعد للظروف البيئية أي تأثير على عدد السنييلات ، غير أنها يمكن أن تؤثر في عدد الأزهار المتميزة في كل سنييلة ، ولو أن مثل هذه التأثيرات لم يسبق دراستها إلا نادراً . يعتمد عدد الحبوب في السنييلة على معدلات الإضاءة في الفترة بين بداية تكون الأزهار وتفتحها ( Willey & Holliday, 1971 ) ويظهر أن تطور حبوب اللقاح حساس وبصفة خاصة للإجهاد المائي ودرجة الحرارة العالية ، عند مرحلة الانقسام الاختزالي ( Bingham , 1966 ; Fischer , 1973 ) .

لقد تم تتبع التغيرات التي تحدث مع الزمن في حجم الزهرة ( Williams R. 1966 )



مرحلة التمايز ( Langer & Hanif , 1973 ) للأزهار المختلفة ، ولكن إلى أى مدى يتنافس تطور الأزهار العليا مع نمو الساق والسفا أو الورقة مع تأثير الظروف البيئية ، إن ذلك غير معروف . إن النهار الطويل يسرع من تطور الأزهار ، بينما المعدلات العالية من النيتروجين تعمل على تأخيرها ( Langer & Hanif, 1973 ) وتزيد من عدد الحبوب فى السنبل ( Single , 1964 ; Langer & liew , 1973 ) .

يمكن أن تتراوح المدة من بداية التكون الزهرى إلى تفتح الأزهار ، من أسبوعين إلى شهور عديدة ، ويعتمد هذا التفاوت على الصنف والظروف البيئية .

ونظراً لأن وقت بداية التكون الزهرى لا يجب أن يكون مبكراً ، وذلك حتى تتمكن السنابل التى فى مرحلة التطور من تفادى أضرار الصقيع ، فى حين يجب أن يبدأ امتلاء الحبوب فى أقرب وقت ممكن ، حتى يتزامن مع البناء الضوئى العالى للمحصول ، ويتجنب إجهاد الظروف البيئية عند نهاية الموسم . . لذا فإن أحد أهداف برامج التربية ، يمكن أن يكون لزيادة معدل التطور الزهرى ، وبالتالي تقليل مدة بقائه طالما أن هناك فروقاً وراثية فى هذا المعدل . ( Pinthus, 1963 ) غير أن القيام بذلك يمكن أن يكون مضاداً للإنتاج من حيث كونه يمكن أن يؤثر تأثيراً سلباً على عدد السنبيلات بالسنبل ، ولربما أيضاً على الأزهار المخصصة فى السنبل ، وهذه فى الغالب محدثات قوية للإنتاج من القمح . إن أقصى حد لعدد السنابل فى وحدة المساحة يتحدد فى الغالب بمدى تكون الأشطاء قبل بداية التكون الزهرى، بينما يتحدد المكون الآخر الرئيسى للإنتاجية وهو حجم الحبة وبصفة رئيسية بالظروف البيئية بعد تفتح الأزهار.

ولكن للحصول على أقصى فائدة ممكنة من الظروف المناسبة خلال فترة امتلاء الحبوب ، يتطلب تكون كثير من السنبيلات ، وتطور بطىء نسبياً للمجموع الزهرى فى بدايته ، وهذا هدف محدد وواضح لبعض مربى النبات الأوربيين ( Bingham, 1967 ) علاوة على ذلك يمكن للاستطالة المتأخرة للسنابل عندما تكون سريعة ، أن تتعارض مع تطور عديد من الأزهار المخصصة فى السنبل .

وبالتالى . . فإن المعدل الأمثل للتطور الزهرى هو أن يكون وسطاً أو متزاناً بين الحاجة لتطوير سعة تخزين كافية والحاجة للنشأ . وهذا يعتبر حلاً وسطاً أو متزاناً يختلف تأثيره باختلاف تعاقب الظروف فى كل وسط بيئى .

## التفتح الزهري والإخصاب وتكون الحبوب :

ليس كل الأزهار التي تصل مرحلة التلقيح تكون حبوباً

(Evans , Bingham & Raskams, 1972) . ومن الأهمية أن نأخذ في

الاعتبار ما يسبب انخفاض تكون الحبوب عن الحد الأقصى الممكن الحصول عليه .

لقد سبق وأن روجعت بيولوجية الإزهار في القمح بواسطة ( de Vries ( 1971 ) . ويميز من الإشارة إلى إنتاج البذور الهجين . إن الأزهار غالباً ما تفتح في الساعات الأولى من ضوء النهار لمدة 8 إلى 30 دقيقة أو أكثر . وتحت الظروف الحقلية لا تستمر حيوية حبوب اللقاح إلا لمدة ساعات قليلة فقط بعد انتشارها ( Goss, 1968 ) . ويحدث إنبات حبوب اللقاح بعد 1 إلى 1.5 ساعة بعد التلقيح ( Hoshikawa , 1959 ) . ويستمر الإخصاب من 3 إلى 9 ساعات فيما بعد معتمداً على درجة الحرارة

(Morrison, 1955; Hoshikawa, 1960, 1961b) ولكن قارن (Percival ( 1921 إذا لم يحدث الإخصاب عند التفتح تستمر الكريات في النمو ببطء محتفظة بقدرتها على الإخصاب لمزيد من الوقت يتراوح من 3 إلى 5 أيام

(Hoshikawa, 1961 c ; Evans, Bingham & Raskams, 1972 )

ومن الممكن أن تفتح الزهرة مرة أخرى . يمكن لدرجات الحرارة العالية عند تفتح الأزهار أن تسبب العقم . ودرجة الحرارة المثلى للإخصاب 18 - 24 °م ، والصغرى 10 °م ، والعظمى 32 °م . وذلك طبقاً لـ ( Hoshikawa ( 1959 ) . وشدة الإضاءة العالية أثناء فترة الإخصاب يمكن أن تشجع على تكون البذور (Wardlaw 1971) الذي يتأثر كثيراً بالإجهاد المائي (Asana, 1961; Wardlaw 1971) ولكن بدرجة أقل مقارنة بالإنقسام الإختزالي ( Fischer , 1973 ) .

قام ( Rawson & Evans ( 1970 بتعقيم الأزهار السفلى في السنبليات الوسطى وهي التي تفتح أولاً ووجدوا أن هناك تعويضاً في تكون البذور ، ليس فقط في الأزهار الطرفية لهذه السنبليات ، ولكن أيضاً في السنبليات التي في قمة وقاعدة سنايل القمح " Triple Dirk " ، وترتب على ذلك زيادة الحبوب في السنبليات . وحيث إن وزن الحبوب البديلة كوزن الحبوب المستعاض عنها ، لذا أدى ذلك لزيادة إنتاجية السنبلة . حدث هذا أيضاً

فى تجارب أخرى ( Evans Bingham & Roskams 1972 ) والتى فىها تم خصى الأزهار السفلى وليس عقمها وأجل تلقىها لمدة 6 أيام . ولقد اتضح أن الأزهار الأكثر تقدماً تستطيع أن تمنع تكون البنور ، ليس فقط فى الأزهار الطرفية لنفس السنبلة ، ولكن أيضاً فى السنبيلات الأكثر بعداً حتى ولو تأخر إخصابها . إن كلاً من المبايض والمتوك لديها هذا التأثير ، الذى هو فى الغالب هرمونى فى طبيعته . تختلف الأصناف كثيراً فى ظاهرة المنع هذه ، والتى انخفضت مع الزمن الذى تطور فيه القمع من أحادى الحبة إلى ثنائى الحبة ثم إلى الأصناف الحديثة ، التى يمكن أن تكون أربع حبوب أو أكثر فى كل سنبلة .

### نمو الحبة :

يتبع نمو الحبة من البداية إلى النضج نظاماً معقداً ذا أطوار عديدة . ويكون نمو الكريلات قبل التفتح ثنائى الأطوار بينما يحدث نمو البويضة بمعدل ينحدر تدريجياً (Williams, R.1966) ويكون النمو بطيئاً قبل وبعد التفتح مباشرة . وعند هذه المرحلة يمكن أن توجد فروقاً واضحة بين مواقع الأزهار ( Rawson & Evans 1970 ) ، وبين الأصناف ( Bremner, 1972 ) فى حجم المبيض . يكون النمو المبدئى عقب الإخصاب سائداً فى مادة غلاف الحبة الخارجى وفى بقية غلاف الحبة

(Morrison, 1955; Jennings & Morton, 1963 a; Rijven & Cohen 1961) تكون بعد الإخصاب بداية أنوية للإندوسبيرم حرة وبمعدل يعتمد على درجة الحرارة ( Hoshikawa 1961a ) وعقب تكون جدار الخلية يزيد الأندوسبيرم بسرعة فى عدد الخلايا ثم بعد ذلك فى الحجم مع بداية تخزين النشا بعد التفتح بأسبوع أو أسبوعين . يعقب ذلك فترة زمنية تتراوح من أسبوعين إلى أربعة أسابيع حسب درجة الحرارة وحنوث الإجهاد المائى يتم خلالها الزيادة فى وزن الحبة والتى غالباً ما تكون خطية ( شكل 5.5 )

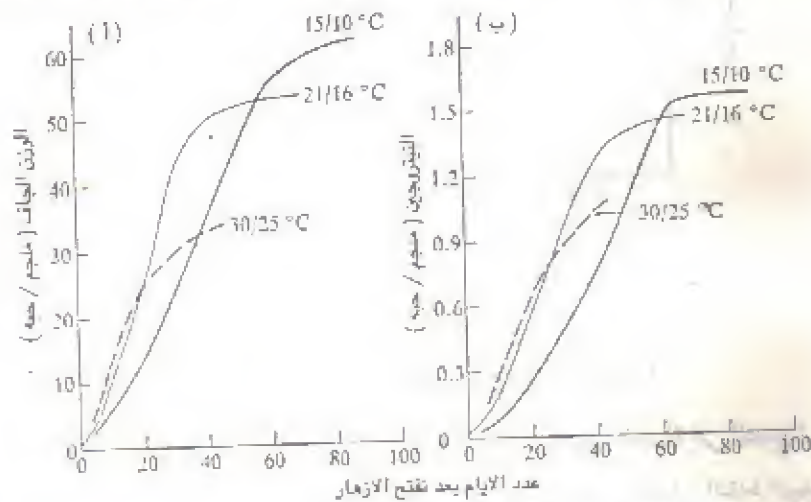
( Asana & Bagga , 1966 ; Bremner, 1972 ; Evans & Rawson 1970 ) ويتبع ذلك الإقتراب من وزن الحبة الناضج . وفى الطور الأخير هذا ينخفض المحتوى المائى للحبة ويكون الانخفاض بطيئاً فى البداية ، ولكن بمجرد أن يصل إلى 40 ٪ ينخفض فجأة إلى 5-14 ٪ (Asana & Bagga ©, 1966; Jennings & Morton , 1963a)



يظهر نمو الجنين في البداية متخلفاً عن الإندوسبيرم ولكنه يستمر خلال مدة تطور الحبة . وجد ( Hoshikawa 1961 a ) أن الزيادة في عدد أنوية الإندوسبيرم يمكن أن تبدأ خلال يوم من التلقيح عند درجة حرارة 30° م ، وتبدأ حبيبات النشا الأولية في التراكم خلال 5 أيام والثانوية خلال 10 أيام . وكان الانقسام الخلوي منتهياً بعد 12 يوم والنمو الخلوي بعد 19 يوم وتم الوصول للنضج في 23 يوماً . وكانت الفترات الفاصلة المناظرة عند درجة حرارة 20° م 3 ، 7 ، 16 ، 19 ، 37 ، 43 يوماً .

وتزيد درجات الحرارة العالية من معدل تكون خلايا الإندوسبيرم (Wardlaw, 1970) وفي بعض الأحيان لا يتأثر العدد النهائي للخلايا بالحرارة ( Hoshikawa, 1961 a ) وفي تجارب قام بها ( Asana & Bagga, 1966 ) وجد أن الزيادة في DNA الإندوسبيرم تتوقف بعد حوالي 14 يوماً من تفتح الأزهار ، وبعد 19 يوماً في تجارب أخرى ( Jennings & Morton 1963 a ).

أدت شدة الإضاءة المنخفضة لمدة 7 - 10 أيام بعد تفتح الأزهار إلى خفض أعداد خلايا الإندوسبيرم ، وأيضاً الوزن النهائي للحبة ؛ وخاصة عند درجات حرارة عالية ( Wardlaw, 1970 ) إلا أن الإجهاد المائي في نفس الفترة الزمنية زاد من معدل

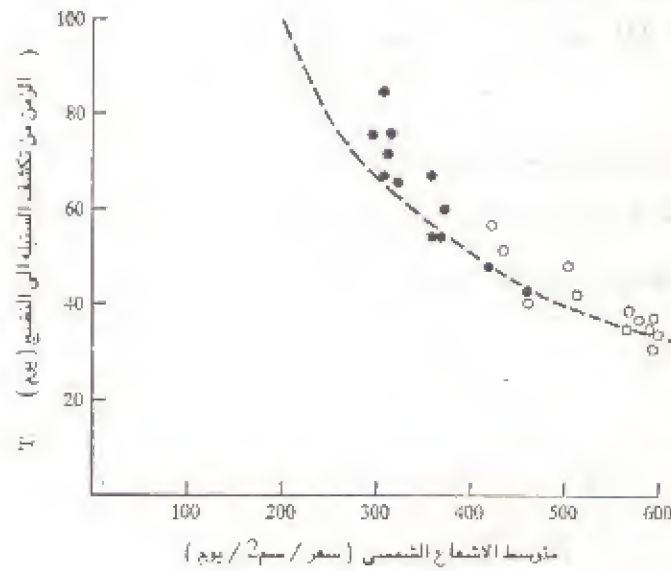


شكل 5.5 : تأثير الحرارة على تراكم ( أ ) الوزن الجاف ( ب ) التبروجين في حبوب الأزهار القاعدية في السبيلات الوسطى لقمح " Late Mexico 120 "

المصدر : ( Sofield et al . 1974 ) .

الإنقسام الخلوي ومن المعدل البدائي لنمو الحبة ( Wardlaw, 1971 ) ، قارن أيضاً ( Konovalov, 1959 ; Asana & Joseph , 1964 ) ولكن سبب انخفاضاً في وزن الحبة النهائي . لقد كانت الزيادة المبدئية في عدد الخلايا ، وفي وزن الحبة مرتبطة بانخفاض في تكوين البنور ناجماً عن الإجهاد المائي ( Wardlaw, 1971 ) .

إن لدرجة الحرارة تأثيراً واضحاً على طول مدة امتلاء الحبوب ، التي تطول عند درجات الحرارة المنخفضة مما ينجم عنه وزن أكبر للحبوب ( شكل 5.5 , Wattal , 1965 ) .



متوسط الإشعاع الشمسي ( سعر / سم<sup>2</sup> / يوم )

شكل 6.5 : العلاقة بين الإشعاع الساقط وطول الفترة من تكشف السنبلة إلى النضج في القمح .  
النقاط السوداء بيانات ( Welbank et al , 1968 ) من محاصيل في إنجلترا . النقاط البيضاء بيانات غير منشورة لـ Fischer من محاصيل مكسيكية . الخط المتقطع يمثل إجمالي إشعاع يساوي 20000 سعر / سم<sup>2</sup> .

وفي تجارب ( Asana & Wardlaw, 1965 ) كان التأثير الرئيسى راجعاً لدرجة حرارة النهار ، حيث انخفض حجم الحبة حوالي 16 ٪ بزيادة درجة الحرارة من 25 °م إلى 31 °م ، ولكن ( Peters et al. 1971 ) وجدوا أن الزيادة في درجة الحرارة أثناء الليل من 9 إلى 25 °م أدت إلى انخفاض النصف تقريباً في إنتاجية الحبوب ؛ بسبب قصر مدة امتلاء الحبوب . وتشير النتائج المبينة في شكل 6.5 إلى وجود إنخفاض واضح في مدة امتلاء الحبوب ، نتيجة زيادة الإشعاع الساقط على المحصول في الحقل . غير أن تجارب phytotron أظهرت أن درجة الحرارة هي التي لها السيادة في التأثير على طول مدة امتلاء الحبوب ، وليس الإشعاع ( Marcellos & Single, 1972 ; Sofield et al. 1974 ) ( وقارن شكل 5.5 ) . ويظهر أن النتائج التي في ( الشكل 6.5 ) ناجمة عن التباين المشترك في الإشعاع والحرارة .

تتباين معدلات نمو الحبة تبايناً كبيراً ، حيث إنها تصل إلى 2.09 ملجم في اليوم حسب نتائج ( Asang & Bagga 1966 ) ، وتنمو الحبوب التي في مواقع مختلفة على نفس السنبلة بمعدلات مختلفة . فالحبوب التي في الأزهار الثانية على سبيل المثال تكون أصغر في البداية ولكن يمكن أن تكون أسرع في نموها . وتنتهي بأن تكون أكبر من التي في الأزهار القاعدية : ( Rawson & Evans, 1970; Bremner, 1972; Rawson & Ruwali, 1972b ) وبالتالي لا توجد علاقة بسيطة كالتي اقترحها ( Bonnett 1967 ) بين موعد التزهير و حجم الحبة . وتكون الحبوب التي في السنبيلات العليا من السنبلة أبطء في نموها من التي تحتها ، وتصلها كميات أقل من نواتج البناء الضوئي الناتجة من ورقة العلم والأوراق اللاحقة ( Rawson & Evans, 1970; Evans, Bingham, Jackson & Sutherland, 1972 ) . وعندما انخفض الإمداد بنواتج البناء الضوئي بإزالة الأوراق أو التظليل ، لوحظ أن أسوأ انخفاض في نمو الحبوب كان في السنبيلات العليا ( Bremner , 1972 ) . غالباً ما ترتبط الفروق بين الأصناف في حجم البذرة بفروق في الإنتاجية ، غير أن مدى ارتباطها بالفروق التي في المعدل أو التي في مدة امتلاء الحبوب لا زال مجهولاً . ولو أن الأخير يعتبر أقرب إلى الصحة حيث إن ( Asana & Joseph 1964 ) وجدوا أن حبوب " PBC 281 " تزيد بنفس المعدل الذي تزيد به حبوب " NP 720 " لـ 26 يوماً الأولى بعد تفتح الأزهار ، ولكنها تستمر في النمو لمدة أطول . وكونت بالتالي حبوباً أكبر حتى عندما كانت النباتات في الظلام بعد اليوم السادس والعشرين .



يعتمد الحجم النهائي للحبوب إلى حد ما على عدد الحبوب في السنبلية ، فعلى سبيل المثال . . وجد ( Bingham ( 1967 ) بسنابل أخصيت في صنف تجريبي أن وزن الحبوب في مواقع معينة يزيد كلما انخفض عدد الحبوب بالسنبلية . وهذا يمكن أن يدل على أن حجم البذرة كان إلى حد ما محدوداً بمدى توفر نواتج البناء الضوئي . إلا أن إنتاجية السنبلية الواحدة من الحبوب انخفضت كثيراً بانخفاض عدد الحبوب ، وهذا يشير إلى المحدودية الكبيرة لقابلية الحبوب المتبقية للنمو بمعدل أسرع أو لمدة أطول . يظهر أن هذه القابلية أو السعة تتحدد إلى حد ما بتدخلات مبكرة بين الأزهار المختلفة والحبوب الصغيرة ، وهي في الغالب تعتمد على طبيعة هرمونية أكثر من اعتمادها على نواتج البناء الضوئي التي لا يظهر أنها تكون محدودة في المراحل الأولى لنمو الحبوب ( Evans & Rawson, 1970; Wardlaw, 1971 ) وفي الحقيقة تحتاج العمليات الداخلة في نضج الحبة إلى مزيد من البحث . حيث إنه يمكن أن يضمر حجم البذرة نتيجة للفقد السريع للماء بأكثر من 50 ٪ في الأسبوع ( Asana & Bagga , 1966 ) وهنا يمكن أن يثار التساؤل بأن هذا الانخفاض في الحجم يمثل سعة ممكنة للتخزين غير مستعملة . غير أن التجارب التي نوقشت في السابق تقترح عدم صحة هذا الرأي . وأسباب توقف التخزين في وجود نواتج البناء ليست واضحة . تقترح التقديرات التي من بيانات ( Jennings & Morton ( 1963 a ) والمبنية على محتوى مائي للحبوب عند 5 ٪ فقط ، أن تركيز السكر في الحبوب لا يرتفع أكثر من حوالي 8 ٪ كلما انخفض محتوى الماء والتي من المستبعد أن تمنع إنزيمات التخزين . ( مثلاً في تحليل ( Turner ( 1969 كان تركيز السكر 9 ٪ في بداية التخزين ) .

لسوء الحظ توقفت دراسة ( Rijven & Cohen ( 1961 للإنزيمات قبل المدة عند الانخفاض المفاجيء للوزن الغض ، ولكن الإنزيمات الداخلة في بناء النشا بقيت نشطة حتى نهاية المدة الخلوية لتراكم النشا . بمعنى أنها استمرت إلى ما بعد الوقت الذي بدأ عنده المحتوى المائي في الهبوط . اقترح كل من Alexandrova و Alexandrov أن تحلل أنوية الأنوسبيرم يحدث على نضج الحبة ( Frazier & Appalanaidu , 1965 ) ولكن ( Jennings & Morton ( 1963 a, b لم يجدوا أي دليل على انخفاض محتوى الأنوسبيرم من DNA أو RNA خلال النضج . لقد اقترح أن الزيادة في محتوى الحبة من جامض الفايك phytic وهي في أطوار النضج ، يمكن أن يقلل من معدلات ATP وبالتالي يحدث منع للنشاط الأيضي . غير أن ( Williams , S. ( 1970 لم يجد دليلاً على

انخفاض معدل ATP ، واقترح بدلاً من ذلك أن حامض الفايك يمكن أن يفصل أو يحجز الكاثيونات الثنائية في الحبة .

### البناء الضوئي والتنفس في السنبلّة :

إن سنبلّة القمح لديها في أغلب الأحيان معدل منخفض لصافي البناء الضوئي ، وأدى هذا إلى الإقرار بأنها ذات أهمية صغيرة في إمداد الحبوب بنواتج البناء الضوئي ( Gabrielsen , 1942 ) غير أن تنفس الحبوب يمكن أن يسهم بأكثر من 60 ٪ من تنفس السنبلّة ، وبالتالي ينتج عن ذلك معدلات واضحة منخفضة للبناء الضوئي في السنبلّة ( Carr & Wardlaw , 1965 ; Evans & Rawson , 1970 ) . إن تنفس السنبلّة يزيد بسرعة بزيادة معدل امتلاء الحبوب ، ويعادل تنفس الحبوب حوالى ربع مخزونها ( Evans & Rawson , 1970 ) . خلال الأسبوع الأول من تفتح الأزهار يمكن أن يكفي البناء الضوئي للسنبلّة ليس فقط تنفس السنبلّة والحبوب ، ولكن يمكن أن يسد  $\frac{3}{4}$  حاجة نمو الحبوب ، إلا أنه بزيادة الأخير تنخفض مساهمة البناء الضوئي للسنبلّة إلى أقل من 20 ٪ من احتياجات الحبوب .

إن مساهمة البناء الضوئي للسنبلّة في ملء الحبوب بصفة عامة كانت موضوعاً لكثير من الأبحاث تم عرضها بواسطة Thorne ( 1966 ) ولقد استعمل عديد من الطرق منها تقليل السنابل والأوراق ، التنافس بين الحبوب ، استعمال  $^{14}C$  ، والتحليل الغازي ، وأعطت نتائج مختلفة نتج عنها أن البناء الضوئي للسنبلّة قدر بأنه يسهم من 10 ٪ ( Lupton , 1969 ) إلى 60 ٪ ( Saghir et al. 1968 ) من الوزن الجاف للحبة .

يولد تنفس الحبوب كثيراً من ثاني أكسيد الكربون خلال السنبلّة ، الذي يعاد تمثيله إلى حد كبير خلال النهار ( Kriedeman , 1966 ) في الحقيقة الحبوب نفسها يمكن أن تعيد تمثيل كثير من ثاني أكسيد الكربون الناتج من تنفسها في حالة انتقال الضوء خلال قنابها والكافي لإشباع بنائها الضوئي ( Evans & Rawson , 1970 ) ، وهذا يمكن أن يحد من التبادل الغازي للحبوب إلى حد بعيد ( Abdul - Baki & Baker , 1970 ) في هذه الحالة يمكن أن يكون توظيف أو استثمار القناب ذا جدوة ، كذلك الحال بواسطة تقليل الفاقد المائي من الحبوب وإمكانية تأخير النضج . إن كلاً من العصافة العقيمة والمخصبة



تقوم بعملية البناء الضوئي ولكن الأجزاء المكشوفة فقط من كل عصافة هي التي تكون ثغوراً (Teare, Law & Simon, 1972) ومع ذلك تعتبر العصافات هي الأكثر نشاطاً من حيث البناء الضوئي من القنابع ، الذي تتجه أغلب نواتجه إلى الحبة المحتواة . (Bremner & Rawson 1972).

إن وجود السفا يمكن أن يضاعف صافي البناء الضوئي للسنابل (Mc Donough & Gouch , 1959 ; Evans & Rawson, 1970 ; Teare, Sij , Waldren & Goltz , 1972 ) في الأقماع الصلبة يمكن للمساحة السطحية للسفا أن تتساوى مع المساحة السطحية الأرضية ، وتزيد عن مساحة أوراق العلم (Mc Donough & Gouch 1959) ، ولكن وجود السفا في القمح السداسي ليس كثيفاً في الغالب (Teare & Peterson, 1971; Teare, Sij, Waldren & Goltz, 1972) إن إزالة السفا يمكن أن تقلل من إنتاجية الحبوب بـ

11 - 21 % (Miller, et al , 1944; Saghir et al 1968) ويمكن أن تؤثر إزالة السفا مبكراً على عدد الحبوب وكذلك حجمها .

ويمكن أن يؤثر وجود السفا في عمليات عديدة إلى جانب البناء الضوئي مثل حركة السيبتوكينين Cytokinin إلى الحبوب (Michael & Seiler - Kelbitsch, 1972) يظهر أن زيادة سعة البناء الضوئي للسنابل من الأهداف العامة والمهمة في تربية الأقماع ، نظراً لأن السنابل تحتل الوضع الأمثل من حيث احتجاز الأشعة وثاني أكسيد الكربون الجوي ، وغالباً ما تحتجز نواتج البناء الضوئي للسنابل داخلها ، وتسهم كذلك مساهمة فعالة في امتلاء حبوب السنيبلات والأزهار التي في الأطراف (Evans et al . 1972) لقد استعرض كل من (1963) Grundbacher , (1953) Verveide , (1944) Miller et al . عدد من التجارب الحقلية التي تقارن الأقماع المسفاة بغير المسفاة . ووجدوا تحت ظروف الجفاف أن الأقماع المسفاة غالباً ما تتفوق في إنتاجيتها ولكن في حالة تيسير الرطوبة لم يكن للسفا إلا بعض المزايا القليلة هذا إن وجدت ، بل أحياناً أخرى يمكن أن تقلل من الإنتاجية ، (Mc Kenzie , 1972) إن التأثيرات السيئة للسفا في وجود الرطوبة لم يتم تحديدها بعد . كما أنه ليس من الظاهر أنها تقلل من عدد الحبوب بسبب تنافسها مع الأزهار خلال تطورها (Evans , Bingham , Jackson & Sutherland , 1972) ولكن يمكن أن تزيد من التعرض للأمراض أو الرقاد .



### نمط الإمداد الكربوهيدراتي للحبة :

لقد أظهر إستعمال<sup>14</sup> ك أن ورقة العلم والأجزاء التي فوقها تشكل المصدر الرئيسي لنواتج البناء اللازمة للحبة في مراحل تطورها

( Stoy , 1965 ; Wardlaw , 1968 ; Rawson & Hofstra , 1969 ) بينما تستعمل نواتج البناء الضوئي للورقة التي تحت ورقة العلم مباشرة والأوراق التي تليها ، وبصفة رئيسية في الأجزاء القاعدية من النبات ، مع حدوث التداخل في حركة نواتج البناء الضوئي من ورقة العلم والأوراق التي تليها مباشرة ، وذلك ببعض الانتقال العلوي إلى السنابل من الورقة التي تلي ورقة العلم والانتقال السفلي من ورقة العلم ، وهذا يحتمل أن يكون راجعاً إلى طبيعة التحام أو تلاقي الجزء الموصل من الورقة بساق القمح ( Patrick, 1972 b ) . إن نمط حركة أو انتقال نواتج البناء ليس ثابتاً ، ويتغير طبقاً لمرحلة التطور ، وكلما تغير توزيع المصادر (Sources) والمستودعات ( Sinks ) ( Birecka & Buttrose , 1962 a ; Skupinska , 1963 ; Rawson & Hofstra , 1969 )

توجد فروق وراثية في أنماط العرض والطلب لنواتج البناء الضوئي في القمح ، حيث يوجد في الأقماح البدائية ، والتي هي منخفضة الانتاجية اعتماد ، يكاد يكون كلياً على البناء الضوئي للسنبلة مع طلب بسيط من الحبوب لنواتج البناء الضوئي لورقة العلم ( Evans & Dunstone , 1970 ) ، بينما يقل وجود السفا في بعض الأقماح الحديثة من حاجة الحبوب لنواتج البناء من الأوراق السفلى ( Birecka et al . 1968 ) ، كذلك شامد ( Lupton 1966 ) أيضاً فروقاً طفيفة بين الأصناف في إستعمال نواتج البناء من الأوراق التي تلي ورقة العلم مباشرة . وكذلك تحصل ( Asana & Mani 1950 ) على دليل للفروق بين الأصناف في استعمال احتياطي أو محتويات الساق من نواتج البناء الضوئي .

إن التغيرات الموسمية في مساهمة الأجزاء المختلفة بنواتج البناء الضوئي لاحظها ( Asana & Mani 1955 ) وذلك بناءً على معاملات تظليل وإزالة أوراق كما لاحظها وكذلك ( May 1965 ) مستعملًا تصويراً لهذه المعاملات . بدقة أكثر لوحظ أن الزيادة في درجة الحرارة تزيد من معدل نمو الحبة ، وفي الطلب على نواتج البناء من الأوراق ( Hsia et al . 1963 ; Wardlaw, 1971 ) ، بينما يخفض النقص في النتروجين كلاً من البناء الضوئي وانتقال نواتجه خارج

الأوراق ( Anisimov, 1962 ) . أما الإجهاد المائي والذي يخفض البناء الضوئي قبل أي تأثير مباشر على نمو الحبة ، ينتج عنه استعمال أكبر لكل من المواد الكربوهيدراتية المخزنة ( Asana, 1961 ) ونواتج البناء التي من الأوراق السفلية على الساق ( Wardlaw, 1967 ) .

لقد تم عديد من التقديرات لمساهمة الأجزاء المختلفة بنواتج البناء الضوئي في امتلاء الحبوب ، في نباتات ذات مسافات مناسبة بينها وبقدر كاف من الرطوبة والتغذية ، ولقد لاحظ ( Kravtsova, 1957 ) أن في النباتات المتقاربة في زراعتها توجد زيادة في اعتماد الحبوب على الأوراق السفلى في نواتج البناء الضوئي .

### تخزين النشا :

على الرغم من أن الأميليز amylase يوجد في أوراق القمح ، إلا أن الأوراق لا تخزن النشا إلا عندما يطفو على محاليل من السكروز ( Gates & Simpson, 1968; Wolf, 1967 ) . وكذلك الحال بالنسبة للسيقان ( Barnell, 1938 ; Lopatecki et al, 1962 ) ويخزن النشا في الحبوب في نوعين من الحبيبات ، الحبيبات الابتدائية والتي تصبح أخيراً كبيرة وعدسية الشكل ، وهذه تظهر خلال ستة أيام من تفتح الأزهار ، ولكنها خلال بلاستيدات فقط ، وبنظام غشائي جيد الاكتمال . بعد أسبوعين من تفتح الأزهار تظهر حبيبات مستديرة بين الحبيبات الكبيرة وغشائها الذي يحتويها . وهذه فيما بعد تتشكل بطريقة تزيد من كفاءة تعبئة الفراغات التي بين الحبيبات الكبيرة ( Buttrose, 1963 ) . وتشكل الحبيبات الكبيرة في حبة القمح الناضجة حوالي 90 ٪ من النشا .

في النباتات التي تنمو تحت ظروف بيئية ثابتة لا يوجد دليل على وجود حلقات أو طبقات من الحبيبات الكبيرة ( Bakhuyzen, 1937 ) ، ولكنها تظهر واضحة عندما تنمو النباتات تحت فترات يومية من الظلام ( Buttrose, 1962 b ) . إن هذا يقترح وجود دورة يومية من الترسيب ، حيث تتكون طبقة خفيفة كل يوم . غير أن ( Jenner, 1968 ) وجد أن تكون النشا في سنابل مفصولة عن النباتات يستمر قرابة الـ 24 ساعة ، وينفس المعدل في السنابل التي دون فصل أي في نباتاتها . وهذا يقترح أن ترسيب النشا ليس محدوداً بالتغيرات اليومية في الإمداد بنواتج البناء الضوئي . يمثل هذه السنابل زاد معدل تراكم النشا بدرجات الحرارة العالية ، لذا يمكن أن تكون الحلقات قد تكونت بسبب التراكم البطيء خلال الليالي الباردة .



ووجد ( Jenner & Rathjen 1972 a ) نباتات نامية في الحقل ، تغيرات يومية واضحة في معدلات السكر في الأوراق ، ولكن التغيرات في تركيز السكر في الحبة كانت طفيفة (غالباً 1.9 - 2.3 % ) ، وليس لمعاملات إزالة الأوراق إلا تأثير قليل على ذلك . وعندما زاد إمداد السكر للسنبلة تراكم في أماكن أخرى من السنبلة عدا الحبوب . وبالتالي استخلصوا أن تراكم النشا كان محدوداً بالسعة أو الإمكانية لنقل السكر داخل الحبة أكثر منه بتوفر نواتج البناء الضوئي .

### تخزين البروتين :

يمكن تقسيم البروتينات العديدة في الحبوب إلى أربع مجموعات . إن مجموعة بروتينات الألبومين albumins الذائبة في الماء وبروتينات الجلوبيولين globulins الذائبة في الملح تعتبر إنزيمية وبروتينات تركيبية أو بنائية موزعة خلال سيتوبلازم الحبة . ويوجد خلال بروتينات الجلوبيولين وحدها ستة أجزاء رئيسية على الأقل ( Coates & Simmonds , 1961 ) . وتشكل البروتينات الذائبة أغلب البروتين الموجود خلال الأسبوعين الأولين بعد التفتح الزهري ، ويمكن أن تزيد في الكمية لأسبوعين إضافيين إلى أن تصل إلى 0.5 - 1.0 ملجم بروتين في الحبة ( Rijven & Cohen , 1961 ) ( Jennings & Morton , 1963 a ) ; غير أنها بعد ذلك مباشرة تزيد عليها في الكمية بروتين البرولامين prolamins (جليادين gliadins ) والجلوتينين ( Graham & Morton , 1963 ) المخزنة في الأجسام البروتينية في الإندوسبيرم ، التي تظهر بعد 10 - 16 يوماً من التفتح الزهري ( Evers , 1970 ; Graham et al . 1963 ) يمكن أن يبدأ تخزين الجليادين gliadins متأخراً عن تخزين الجلوتينات glutenins ( Bilinski & Mc Connell , 1958 ) إن خصائص الجلوتين ( Boyd et al , 1969 ; Johnson & Hall glutens , 1965 ) هي التي ذات أهمية كبيرة في صناعة الخبز . إن الجلوتينات والبرولامينات لديها مكونات أحماض أمينية تختلف كثيراً عن تلك التي في بروتينات السيتوبلازم ، حيث أنها عالية في حامض الجلوتاميك glutamic والبرولين prolin ومنخفضة نسبياً في عديد من الأحماض الأمينية . وبالتالي كلما تواصل تخزين البروتين تنخفض نسبة الأحماض الأمينية الضرورية بشدة .

مثلاً من 8 % لايسين lysine عند 12 يوم بعد التفتح الزهري إلى 2.5 % عند النضج



( Jennings & Morton , 1963 a ) وبروتينات طبقة الأليرون aleurone أعلى بكثير في الأحماض الأمينية الضرورية مثل الأرجينين arginin ( Fulcher et al . 1972 )

تحت الظروف التي يمكن أن يستمر إمتصاص النيتروجين فيها خلال فترة إمتلاء الحبوب كما هو الحال في كثير من المحاصيل الحديثة وذلك بالإضافة الكبيرة والمتأخرة من الأسمدة النيتروجينية ، يمكن لكل من المحتوى البروتيني والنشوي للحبوب أن يزيد زيادة خطية إلى قرب موعد النضج ( شكل 5.5 ) ; ( Jennings & Morton , 1961 ; Rijve & Cohen , 1961 ; Turner , J. 1969 ; Skarsaune et al. 1970 ; Bremner , 1971 ) وأكثر من نصف البروتين الذي في الحبوب يمكن أن يشتق من النيتروجين الذي تم إمتصاصه خلال فترة إمتلاء الحبوب ( Pavlov , 1969 ) . في مثل هذه الحالات يمكن لنسبة النيتروجين في الحبة أن تبقى عالية أو ربما أيضاً تزيد كلما تقدمت الحبة في الامتلاء ( Asana & Sahay , 1965 ; Johnson , V . et al . 1967 )

من جانب آخر وفي حالة الخصوبة المنخفضة للتربة حيث لم يضاف إلا كمية قليلة من النيتروجين ، يمكن أن يحدث استنزاف شديد للنيتروجين بالتربة عندما يصل المحصول إلى طور طرد السنابل مع امتصاص كمية قليلة أثناء فترة امتلاء الحبوب ، وفي الواقع . . إن كل النيتروجين في الحبوب تم الحصول عليه بإعادة حركة النيتروجين الذي في الأوراق والسيقان ( Donald , 1969 ، ويمكن القول أن 66 - 75 ٪ من النيتروجين الكلي في النبات ينتهي به المطاف في الحبوب ( Mc Neal et al , 1968 ) في الأصناف أو تحت الظروف حيث تكون شيخوخة الأوراق وحركة النيتروجين منها بطيئة ، يمكن أن تكون الإنتاجيات العالية مرتبطة بنسبة منخفضة للنيتروجين في الحبوب .

ومن ناحية أخرى عندما يكون موت الأوراق سريعاً يمكن أن يتأثر تخزين النشا تأثراً سلباً أكثر من تخزين البروتين ، وفي هذه الحالة يمكن للإنتاجيات المنخفضة أن تكون مرتبطة بنسبة نيتروجين عالية ( Terman et al. 1969 ; Mc Neal et al . 1972 ) . ولذلك لا توجد علاقة بسيطة بين الإنتاجية ونسبة النيتروجين في الحبوب ( Fernandez . & Laird , 1959 )

إن التأثيرات البيئية على تخزين البروتين لم تلق اهتماماً كبيراً حتى الآن . يظهر أن الحرارة المرتفعة تقلل من تخزين النشا أكثر من البروتين (شكل 5.5 : Campbell & Read, 1968) ويحدث هذا أيضاً في تأثير إجهاد الجفاف (Lipsett, 1963; Petinou & Pavlov, 1955) . وتقلل شدة الإضاءة المنخفضة محتوى الحبوب من النيتروجين بقدر الانخفاض الذي تسببه في وزن الحبوب تقريباً ، مما ينجم عنه عدم تأثر نسبة النيتروجين إلا قليلاً (Compbell et al. 1969) (Bremner, 1972) . ويمكن للإضافات المتأخرة للنيتروجين أن تزيد من بروتين الحبوب كثيراً . فمثلاً ، وجد (Abrol et al. 1971) أن إضافة 100 كجم نيتروجين / هـ تزيد إنتاجية البروتين بـ 250 كجم / هـ ، وبزيادة تكاد تكون بالكامل في بروتينات التخزين لكل من البرولامينات والجلوتيلينات . ونفس النتائج وجدها أيضاً Michael (1963) (1965) Asana & Sahay وبالتالي تؤدي الزيادة في نسبة البروتين الناتجة عن استعمال الأسمدة النيتروجينية إلى إنخفاض نسبة المحتوى من الأحماض الأمينية مثل لايسين lysine والثالين valine والثريونين threonine والأيزوليوسين Isoleucine والتيروسين tyrosine (Abrol et al. 1971) .

عندما يكون بروتين الحبوب العالي ناجماً عن الزيادة في الحركة الكثيفة لنيتروجين الأوراق ، والتي يمكن أن تكون بسبب درجات الحرارة العالية ، أو تظليل الأوراق أو انخفاض في نيتروجين التربة (Neales et al. 1963) أو صفات خاصة بالصنف ، فإن المعدلات العالية للنيتروجين في الحبوب تميل للإرتباط بالمعدلات المنخفضة للنيتروجين في الأوراق خلال فترة امتلاء الحبوب كما وجد ذلك (Johnson, V. et al. 1967) .

أيضاً يمكن للنيتروجين العالي في الحبوب أن يكون ذا علاقة بزيادة الامتصاص أكثر من الزيادة في حركته في الأوراق . وفي مثل هذه الحالة يمكن أن يرتبط محتوى الحبوب والأوراق من النيتروجين إيجابياً (Boldyrev, 1959) . إن زيادة الفترة الزمنية التي تسبق طرد السنابل غالباً ما تكون مصحوبة بزيادة في الإمتصاص ، وفي محتوى النيتروجين في الحبوب (Bremner, 1972; Sharsonne et al. 1970; Harris et al. 1943) وجد (Mikesell & Paulsen 1971) أن السلالات المعروفة بمحتواها العالي من البروتين ، لديها محتوى عال من النيتروجين في أوراقها السفلى عند مرحلة تفتح الأزهار ، ولكن ليس عند النضج . هذا الفرق لم يكن ظاهراً في أوراق العلم ، ولكن المحتوى النيتروجيني للأوراق السفلى

كان أكبر كثيراً ، وكان تأثير عواقب إزالتها على محتوى الحبوب من البروتين أكثر ، في الحقيقة أدت إزالة أوراق العلم إلى خفض نيتروجين الحبوب ، وبقدر أكثر من كمية النيتروجين التي في هذه الأوراق ( Wardlaw et al. 1965 ) . ربما لأن أوراق العلم تلعب دوراً مهماً في الحفاظ على الامتصاص واختزال النترات خلال نمو الحبوب على الأقل في السلالات ذات البروتين العالي .

هذه السلالات غالباً ما يكون لديها معدلات عالية من إنزيم إختزال النترات في أوراقها خلال نمو الحبوب . ( Duffield et al . 1972 ; Cray & Hageman , 1970 ) . إن الأصناف التي ترتبط فيها إعادة التوزيع العالية للنيتروجين بالمحتويات العالية للحبوب من البروتين ، يمكن أن تكون لديها معدلات أعلى من إنزيم البروتياز Protease في أوراقها . ولكن هذا لم يتم إثباته إلا في البادرات ( Rao & Croy , 1971 ) .

تتباين نسبة النيتروجين في الحبوب تبايناً كبيراً ، ويعتمد ذلك على موقع الحبة في السنبل . فالحبوب التي من السنبيلات العليا ، والتي من الأزهار الطرفية غالباً ما تكون أقل في النيتروجين ( Bremner , 1972 ; Ali et al. 1969 ; Mc Neal & Davis, 1954 ) وفي الحبة ذاتها نجد أن أعلى كثافة أصباغ البروتين تكون في الخلايا الأكثر قرباً للخارج في اتجاه طبقة الأليرون aleurone . إلا أن ذلك يمكن أن يعكس قلة محتواها النشوي ، ولقد قدر ( Evers ( 1970 أن محتوى كل خلية من البروتين متنسق بانتظام خلال الأنوسبيرم .

## تحديد الإنتاجية

إن إضافة زيادات للقدرة الإنتاجية للقمح قد لا تعتمد على الزيادة في معرفة تلك العمليات الأكثر تحديداً للإنتاجية ، ولكن دون شك يمكن للزيادة في المعرفة أن تكون عاملاً مساعداً . إن أيّاً من العمليات التي نوقشت في الأجزاء السابقة يمكن أن تحد الإنتاجية ، ولكن سوف نركز هنا على التحديد الناجم عن البناء الضوئي والنقل والتخزين . إنه من الطبيعي أن التأثير النسبي لهذه المحددات يختلف باختلاف الأصناف وظروف النمو وخاصة بتعاقب الظروف ، خلال التطور الزهري من جهة وامتلاء الحبوب من جهة أخرى .



ففى الأصناف المتأقلمة والعالية الإنتاجية وفى الظروف البيئية حيث تم انتخابها يمكن لسعة كل من المصدر ( source ) والنقل ( transport ) والمستودع ( sink ) لنواتج البناء الضوئى أن تكون فى حالة اتزان ، ويجب رفعها بطريقة متناسقة إذا أريد للإنتاجية أن تزيد . إن الزيادة فى سعة التخزين دون الزيادة فى الإمداد بنواتج البناء الضوئى تؤدي ببساطة إلى زيادة الحبوب الضامرة وغير المملنة . والزيادة فى نواتج البناء الضوئى دون الزيادة فى السعة التخزينية ستؤدي إلى إنتاجية ذات حبوب قليلة .

ولكن من مثل هذه الخطوات الصغيرة المتبادلة بين المصدر والمستودع تأتي الزيادات المتواصلة فى السعة الإنتاجية على نحو 1 ٪ لكل عام ( Bingham , 1971 ).

### البناء الضوئى كمحدد للإنتاجية :

فى أغلب الظروف يكون 90 - 95 ٪ من المواد لكربوهيدراتية مشتقاً من تثبيت ثانى أكسيد الكربون بعد تفتح الأزهار . وبالتالي يمكن أن يكون لدى إنتاجية الحبوب علاقة قريبة بدوام ومعدل البناء الضوئى بعد تفتح الأزهار . ولكن البناء الضوئى قبل تفتح الأزهار وبالذات أثناء تطور السنبله يمكن أن يؤثر بفاعلية فى الإنتاجية ، وذلك من خلال تأثيراته على مكونات السعة التخزينية .

إن مؤشر فترة بقاء المساحة الورقية ( LAD ) الذى وضعه واتسون Watson وهو دليل مساحة الورقة التكاملية integral للفترة من طرد السنابل إلى النضج ، يشتمل على كل من فترة ومساحة الأنسجة القادرة على البناء الضوئى دون معدل البناء الضوئى لوحدة المساحة الورقية .

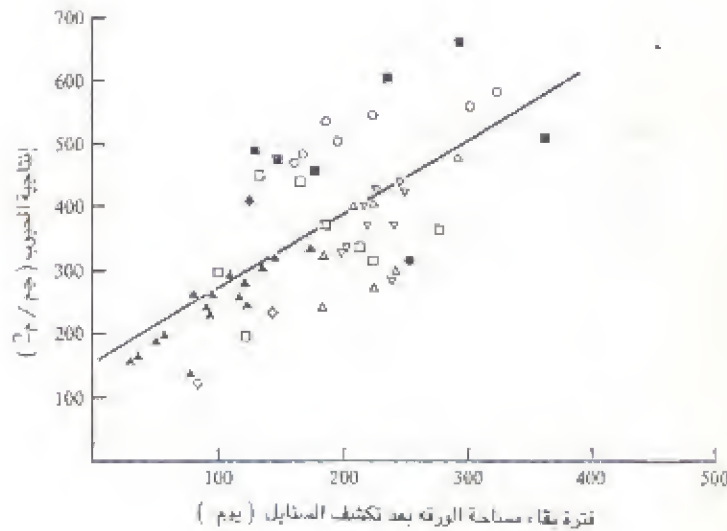
ويوضح شكل 7.5 العلاقة بين ( LAD ) والإنتاجية فى القمح تحت ظروف عديدة متباينة . فعلى الرغم من الاختلافات الكبيرة جداً فى الظروف السائد خلال فترة امتلاء الصوب . . فإن حوالى نصف التباين فى الإنتاجية الناجم عن المناخ والأسلوب الزراعى والصنف ، له علاقة بالاختلاف فى فترة بقاء مساحة الورقة ( LAD ) . ولقد وجد أيضاً كل من ( Simpson 1968 ) ، ( Puckridge ( 1971 ) ، ( Spiertz et al . ( 1971 ) علاقة متقاربة بين الإنتاجية وفترة بقاء مساحة الورقة فى القمح . ومع ذلك فإنه من المؤكد من شكل 7.5 أن هذه العلاقة أكثر تقارباً فى بعض التجارب مقارنة بتجارب أخرى ( قارن البيانات التى من Fischer & Kohn ( 1966 ) بالبيانات التى من

(1968) (Welbank et al) ويمكن أن تستنتج بعض الأسباب لذلك من شكل 8.5 .

في المحاصيل التي درست بواسطة (Fischer & Kohn (1966 شكل 8.5 (1) وبواسطة (Puckridge (1971 ، وصل دليل مساحة الورقة ذروته مبكراً قبل الإزهار وانخفض بشدة حين زاد الإجهاد المائي . وبالتالي كان دليل مساحة الورقة أقل من 4 ولم يكن إعتراض الإضاءة كاملاً شكل 4.5 في أغلب فترة امتلاء الحبوب . تحت هذه الظروف والتي في الغالب تنطبق على أغلب محاصيل القمح في المناطق الأكثر جفافاً يرجح أن تكون الإنتاجية ذات علاقة قريبة بفترة بقاء مساحة الورقة كما هو مبين بشكل 7.5 وتحت الظروف التي يكون فيها الإجهاد المائي أثناء فترة امتلاء الحبوب أقل ضرراً ، يمكن لدليل مساحة الورقة أن يكون عالياً عند التفتح الزهري ، ويبقى أعلى من 4 في أغلب فترة امتلاء الحبوب شكل 8.5 (ب) قارن أيضاً (Stoy, 1965 ; Spiertz et al . 1971) إن القيم المبدئية لدليل مساحة الورقة الأعلى من 4 ، لن تكون مصحوبة بزيادة في البناء الضوئي شكل 4.5 ، ومع ذلك تزيد من قيم فترة بقاء مساحة الورقة (LAD) كثيراً . وهذا يمكن أن يفسر عدم ارتباط الإنتاجية ارتباطاً وثيقاً بفترة بقاء مساحة الورقة في مثل هذه الظروف . وستكون الإنتاجية أكثر ارتباطاً بالبناء الضوئي الكلي للمحصول خلال هذه الفترة من ارتباطها بفترة بقاء مساحة الورقة كما أشار (Puckridge (1971 . من ناحية أخرى يمكن أن تكون الفروق في دليل مساحة الورقة قرب نهاية امتلاء الحبوب ذات علاقة مقاربة بالفروق بين الأصناف في الإنتاجية كما في الشكل 8.5 (b) وفي بحث (Stoy (1965) ويمكن أن يكون معدل الانحدار في دليل مساحة الورقة أكثر صلة بالموضوع من أي فروق مبدئية (Watson , Thorne & French , 1963) . إن هذه ليست هي الحالة الدائمة ، وهذا واضح من نتائج (Asana & Williams (1965 حيث أظهر الصنف Ridley أكثر إنتاجية من الصنف Diadem بالرغم من أن الصنف Ridley أصغر مبكراً .

وأيضاً لاحظ (Syme (1969 أن نسبة الإنتاجية من الحبوب إلى فترة بقاء مساحة الورقة بعد التفتح الزهري ، كانت أعلى بكثير في الأقماح المكسيكية شبه القزمية منها في الأصناف الإستراتيجية الطويلة المعتادة . إنه ليس واضحاً فيما إذا كانت الفروق في مدى دوام نشاط البناء الضوئي هي السبب أو تتسبب بالفروق في دوام امتلاء الحبة . وفي حالة الإنخفاض السريع في الإمداد بالماء والنيتروجين ، كما هو الحال في تجارب (Fischer & Kohn (1966 ، هناك احتمال لاعتماد التخزين على دوام نشاط البناء

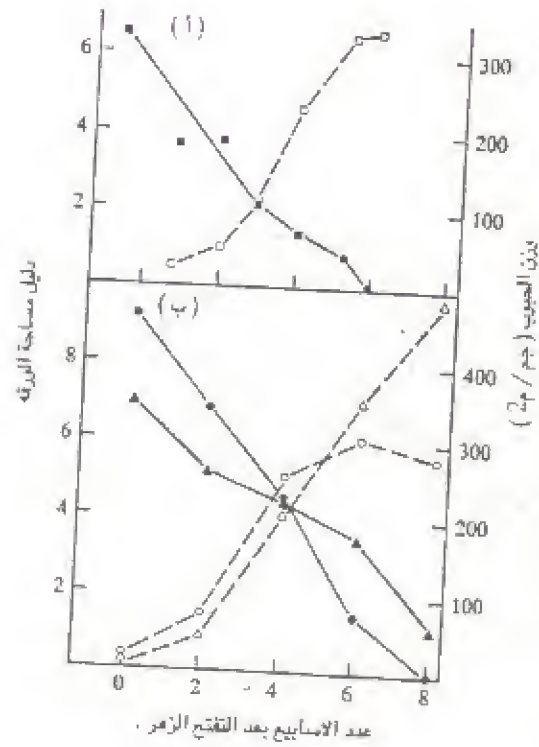
الضوئي ، ولكن بتوفر العناصر الغذائية والمعدلات العالية من الماء يمكن أن يحدث العكس حيث يعتمد نشاط البناء الضوئي لأوراق العلم في المراحل الأخيرة من إمتلاء الحبوب كثيراً على الطلب ( King et al . 1967 ) . إن جزءاً من التباين في الإنتاجية والذي لم يعز للفروق في نواتج مساحة الورقة يمكن أن ينسب أغلبه إلى الفروق في الإشعاع الساقط خلال مدة إمتلاء الحبوب .



شكل 7.5 العلاقة بين إنتاجية الحبوب وفترة بقاء مساحة الورقة بعد تكشف المنابل لحاصل من القمح في بيئات عديدة .

(△) UK, Watson et al. ( 1963 ) ; (◇) UK, Thorne ( 1966 ) ; (▽) UK, Welbank et al. ( 1966 ) ; (□) UK, Welbank et al. ( 1968 ) ; (○) UK, Thorne et al. ( 1969 ) ; (◆) Aust, Davidson ( 1965 ) ; (●) Aust, Turner ( 1966 ) ; (▲) Aust., Fischer & Kohn ( 1966 ) ; (■) Mexico , Fischer (unpublished) .





عدد الأسابيع بعد التفتح الزهري

شكل 8.5 : التغير مع الزمن في دليل مساحة الورقة ووزن الحبوب الجاف من بداية التفتح الزهري  
 قس بيوتين متباينتين . ( أ ) استراليا ( بيانات من . Fischer & Kohn, 1966 ) . ( ب ) إنجلترا  
 ( بيانات من Watson et al. ( 1963 ) لصنفين هما Square heads Master ( دوائر ) و Jufy  
 ( مثلثات ) . الخطوط المتصلة ، دليل مساحة الورقة ، والخطوط المتقطعة ، وزن الحبوب .

ولقد وجد ( Welbank et al. ( 1968 ) من خلال إطلاعهم على عديد من التجارب أن نسبة إنتاجية الحبوب إلى فترة بقاء مساحة الورقة زادت خطياً بزيادة الإشعاع اليومي ، خلال فترة امتلاء الحبوب ، غير أن إنتاجية الحبوب نفسها لم تنهج نفس الأسلوب ، حيث إنها تميل إلى الثبات عند معدلات عالية من الأشعة . ويرجح بأن يكون السبب في ذلك هو قصر مدة إمتلاء الحبوب عند المعدلات العالية من الأشعة ( شكل 6.5 ) ، وبالتالي تلغى أى تأثير للبناء الضوئى المرتفع .

عندما يخفّض الإشعاع الضوئى الساقط بواسطة التظليل ودون تغيير في درجة الحرارة ، غالباً ما يصحب ذلك انخفاض في الإنتاجية ( Pendleton & Weibel , 1965; Willey & Holliday , 1971 ) غير أن ذلك لم يحدث في تجارب ( Campbell et al. ( 1969 إلا في السنوات الممطرة ، حيث كان الضوء محدوداً بخلاف الماء ، وفي السنوات الجافة لم يكن للتظليل أى تأثير يذكر على الإنتاجية . إن مثل هذه التداخلات بين الإشعاع ودرجة الحرارة والماء يمكن أن تعزى إلى عدم وجود أى علاقة واضحة بين الإشعاع وإنتاجية الحبوب في القمح في تجارب ( Sibma ( 1970 ) ولقد وجد ( Asana et al. ( 1968 بمعاملات تظليل تم تطبيقها خلال إمتلاء مدة الحبوب أن الإنتاجية من الحبوب تنخفض أكثر بزيادة الانخفاض في شدة الإضاءة، ولكن هذا الانخفاض كان أقل كثيراً من الانخفاضات في نمو النبات الكلى.

لقد كانت تأثيرات الإزالة الجزئية لأوراق محصول القمح على غلته من الحبوب متباينة كما هو الحال في التظليل ، إن الإنتاجية من الحبوب غالباً ما تنخفض ( Natr, 1967; Stoy 1965; Womack&Thorman, 1962; Lucas& Asana, 1968) وبإزالة جائرة للأوراق للحفاظ على دليل مساحة الورقة عند 1 أو 3 طول مدة نمو المحصول وجد ( Davidson ( 1965 أن إنتاجية المحصول تنخفض إلى 20 ٪ ، 44 ٪ على التوالي ، ولكن إزالة نصف الأوراق عند طرد السنابل ، عندما كان دليل مساحة الورقة يساوى 7 لم يتسبب في انخفاض الإنتاجية على الإطلاق . وتحت ظروف مشابهة ذات إضاءة عالية ويمحاصيل مروية وجد Fischer أن إنتاجية الحبوب تزيد بحوالى 20 ٪ ، عندما تضاعفت معدلات ثاني أكسيد الكربون بالبيئة المحيطة بالمحصول خلال مدة امتلاء الحبوب . إن هذا يدل

برسوخ على أن زيادة البناء الضوئي بالإمكان أن تنتج عنها زيادة في إنتاجية المحصول ، وبالتالي نستطيع أن نتوقع وجود معدلات أعلى للبناء الضوئي لوحدة المساحة الورقية في أصناف القمح العالية الإنتاجية .

إن ذلك لا يحدث إلا أحياناً ، بل ولقد أظهرت بعض المقارنات عكس ذلك ، حيث كان معدل البناء الضوئي أقل في الأصناف العالية الإنتاجية ( Evans & Dunstone, 1970; Khan & Tsunoda, 1970; Planchon, 1969 ) إن ذلك يمكن أن يؤخذ كدليل على أن إنتاجية المحصول ليست محدودة بمعدل البناء الضوئي ، رغم أنها يمكن أن تكون محدودة بطول مدته : أي دوامه . وكبديل تكون المعدلات العالية للبناء الضوئي مقرونة بصفات أخرى من التي تعيق الإنتاجية . مثلاً تكون مصحوبة في الغالب بأوراق صغيرة ( Evans & Dunstone, 1970 ; Lyapshina, 1966; Planchon, 1969 )

إن معدلات نمو الحبة ، وعلى الأقل تحت الظروف المعروفة جيداً ، ليست محدودة بمعدل البناء الضوئي ، حيث إن الموازنة للمواد الكربوهيدراتية تبين أن المتيسر من هذه المواد لامتلاء الحبوب أكثر من المستعمل ( Evans & Rawson , 1970 ; Rawson & Evans, 1971; Wardlaw, 1971 ) وهذا أيضاً مثبت من الدراسات الدالة على أن نمو الحبة عند درجة حرارة معينة يميل إلى الاستمرار خطياً بغض النظر عن الاختلافات في الأشعة من يوم ليوم ( Rawson & Evans , 1970 ; Sofield et al. 1974 ) وأن الإحتياطى أو المخزون المتراكم عند التفتح الزمري : خاصة في السلاسل السفلى من الساق لا يتم استنزافه بالكامل كما يحدث في النباتات ، عندما تكون تحت الإجهاد المائى ( Asana & Basa, 1963; Asana & Joseph, 1964; Yu et al 1964 ; Rawson & Evans, 1971 )

يعتبر طول المدة أو دوام نمو الحبة محدداً أقوى لإنتاجية المحصول في القمح من معدل نمو الحبة ، حيث يعتبر الأخير على الأرجح محدوداً بالانتقال أو عمليات التخزين أكثر منه بالبناء الضوئي .

لقد وضعت تقديرات لحدود البناء الضوئي لإنتاجية القمح بواسطة ( Stoy ( 1966 ) Evans , ( 1973 ) ، ولكن تعتمد وبصفة خاصة على افتراضات ، كطول مدة امتلاء الحبوب عند معدلات مختلفة من الإشعاع الساقط . إن آخر تقدير يقترح أن



الرقم العالمى الحالى للإنتاجية وهو 14100 كيلو جرام للهكتار، يمكن زيادته بالثلاث على الأقل عند مستويات عالية من الأشعة إذا لم يكن الانتقال وسعات التخزين محدودة شكل 2.1 .

### الانتقال كعامل محدد للإنتاجية :

تختلف مساحة أنسجة اللحاء فى حامل السنبلة فى الأقماح من كل مراحل تطور المحصول بمدى ، قد يصل إلى العشر أضعاف من القمح الثانى البرى *Aegilops* إلى القمح السداسى الحديث ( Evans et al. 1970 ) ولقد وجد أن مساحة اللحاء تتناسب طردياً مع أقصى معدل استيراد محسوب لنواتج البناء الضوئى بواسطة السناهل فى 22 سلالة تم فحصها ، ومحسوبة كمعدل لكل سم<sup>2</sup> من اللحاء كانت شبيهة لمعدلات محسوبة للاستيراد فى أعضاء أخرى سريعة النمو .

إن هذه يمكن اعتبارها كدليل على أن السعة الوعائية كانت مشبعة ، وبالتالي حددت أقصى معدل لنمو الحبة فى كل الحالات ولكن ببعض من الشك حول ميكانيكية الانتقال التى يمكن أن تبطل مثل هذا الرأى . علاوة على ذلك ، لقد كانت تأثيرات الارتداد الغذائى feedback على تطور اللحاء واضحة فى زيادة الارتباع فى القمح " Late Mexico 120 " والتى ليس فقط بتنسيقها لعدد السنبيلات والحبوب والإنتاجية ، ولكنها أيضاً نصفت مساحة اللحاء فى الساق . واستنتج ( Patrick ( 1972 a أن النقل اللحاءى لم يحدد من النمو الخضرى فى القمح .

فى السنبلة نفسها أظهرت متابعة<sup>14</sup> ك الممثل فى أوراق العلم انحداراً حاداً ومتواصلاً فى<sup>14</sup> ك لكل سنبيلة فوق منتصف السنبلة ( Rawson & Evans 1970 ) إن هذا يمكن أن يدل على عدم وجود اللحاء الكافى لنقل نواتج البناء الضوئى من الأوراق إلى السنبيلات العليا . غير أن عقم الحبوب القاعدية فى الأزهار الوسطى والذى أدى إلى تكوين مزيد من الحبوب فى كل من السنبيلات العليا والأزهار البعيدة ( على محور السنبيلة ) للسنبيلات الوسطى ، نتج عنه مزيد من الإستيراد للمواد الغذائية من الورقة لقمة السنبلة ، بالرغم من أن إنتقال المواد الغذائية إلى وسط السنبيلة لم ينخفض . وبالتالي وفى هذه الحالة ، لم تكن السعة الوعائية هى التى محدودة ولكنه الطلب على المواد الغذائية .

إن الوضع فيما يخص كل سنبيلة ليس بأكثـر وضوحاً ، حيث ذكر

(Hanif & Langer 1972) أن الأزهار القاعدية الثلاث يتم إمدادها بواسطة مجاميع منفصلة من الحزم الوعائية ، وبالتالي فهي ليست في تنافس مباشر ، وذلك كما هو الحال في أول وثالث حبة حسب ما استنتج ( Rawson & Evans 1970 ) . إلا أنه يظهر أن الحبوب الأكثر بعداً أو الطرفية متصلة مع بعضها بسلسلة واحدة من العناصر تحت الوعائية التي تظهر من الحزم إلى الزهرة الثالثة ، وفي هذه الحالة . ستتنافس الحبة الثالثة والحبوب العليا على نواتج البناء الضوئي الواردة من سلسلة واحدة من حزم ضعيفة التكوين ، ويمكن أن يكون نمو الحبوب العليا محدوداً في المعدل بالجهاز الوعائي إذا كان هذا النمط الوعائي ينطبق على بقية الأصناف . ولقد اقترح ( Rawson & Ruwali 1972 a ) أن أحسن الطرق للحصول على إنتاجيات عالية من الحبوب المتعاشية ، يمكن أن تتم بزيادة عدد السنبيلات باستعمال السنبال المتفرعة بدلاً من زيادة عدد الحبوب في السنبلة .

في الأنسجة الوعائية وعند قاعدة كل حبة تمكن ( Zee & O'Brien 1971 ) من التعرف على نوعين من الخلايا الناقلة . واقترحا أن أحدهما يفرم باستخلاص المواد الذاتية : وخاصة المركبات النيتروجينية من مجرى النتج الذي يمد القنايع والعصافة والأطب ويوجهها إلى الحبة . أما النوع الآخر فهو من الممكن أن يؤمن نقل نواتج المواد الغذائية من القنايع بكفاءة إلى الأنابيب الغربالية التي تمد حزمة الفلاف الثمري الحبة . وهو يمتد من القاعدة إلى قمة الحبة داخل المجرى .

وبالتالي تنتقل نواتج المواد الغذائية من هذه الحزمة الواحدة خلال الكلارا وتنوعات النيوسيلة وعبر الإندوسبيرم بواسطة الانتشار ( Frazier & Appalanaidu, 1965 ) . وباعتبار طول الحبة وشكلها كقطاع عرضي نجد أن هذه الخطوة الأخيرة لحركة عرضي البناء الضوئي يحتمل أن تحد كثيراً من معدل التخزين : خاصة بزيادة تراكم النشا زيادة سريعة .

وأوجد ( Jenner & Rathjen 1972 a ) دليلاً للرأي القائل بأن العمليات التي تنقل المواد الكربوهيدراتية في المراحل الأخيرة من مرورها للحبة تحد وبشدة من تخزين النشا . وحيث إنه توجد بعض الظروف التي يزيد فيها معدل إنتاج المواد الغذائية على معدل التخزين . فإن العوامل المحددة لانتقال المواد الكربوهيدراتية إلى السنبلة ، وفي السنبلة ، وفي السنبلة ، وفي الحبة تستحق مزيداً من التحليل .

## السعة التخزينية كعامل محدد للإنتاجية :

تعتمد السعة التخزينية لمحصول القمح على عدد السنابل في وحدة المساحة وعدد السنبيلات في السنبلة وعدد الحبوب في السنبلة وعلى حجم الحبة الواحدة . وتختلف الأهمية النسبية لمكونات المحصول هذه بتعاقب ظروف النمو وبخصائص العمليات الزراعية مثل كثافة البذور وإضافة الأسمدة والصنف المستخدم . وتتحدد مكونات المحصول التي ذكرت سابقاً بالتتابع خلال تطور المحصول . حيث يتحدد كل من عدد السنابل والسنبيلات قبل تفتح الأزهار وعدد الحبوب عند التفتح وحجم الحبة بعد التفتح والنضج . وبالتالي . فإن السعة التخزينية لمحصول القمح تستطيع أن تستجيب للظروف البيئية إلى حين النضج تقريباً . إن للأشعة الضوئية تأثيراً ملحوظاً على الحد الأقصى لعدد الأشطاء ( شكل 5-1 ) كما هو الحال في تأثير مستوى الغذاء والصنف . ولكن الكثير من الأشطاء لا تتمكن من تكوين السنابل (شكل 2.5) . وتصبح الفروق في الحد الأقصى لعدد الأشطاء غير واضحة ، كلما زادت كثافة الزراعة . وزاد الاقتراب من مرحلة طرد السنابل . وتتأثر أعداد السنبيلات بالأشعة الضوئية والمعدل الغذائي خلال نمو السنبلة وكذلك بدرجة الحرارة وطول النهار . بينما يتأثر عقد الحبوب أساساً بشدة الإضاءة وتوفر الماء قبل وعند التفتح الزهري . ولهذه العوامل أيضاً تأثير ملحوظ على حجم الحبة النهائي ، كما تفعل درجة الحرارة خلال مدة امتلاء الحبوب .

وعليه فإن العلاقة بين الإنتاجية من الحبوب وأى من المكونات ستختلف كثيراً . ويعتمد ذلك على تعاقب الظروف البيئية عند المراحل المختلفة من تطور المحصول . في بعض الحالات . . يمكن أن يكون المكون السائد هو عدد السنابل . وفي حالات أخرى يكون عدد الحبوب في السنبلة ( Apel & Lehmann, 1967 ; 1970 ; Syme 1969 ; Thorne et al. 1968 ) أو حجم الحبة ( Simpson 1968 )

ويوجد عديد من السبل للوصول لسعة تخزينية عالية ، ويمكن أن تعوض بعض الأصناف بعدد السنابل والحبوب ما تفقده في حجم الحبوب والحصول على إنتاجيات متساوية تحت ظرف بيئي معين يتوافق مختلف من مكونات الإنتاج . يمكن أن يقترح بأن ذلك يعكس محدودية الإنتاج بواسطة الإمداد بنواتج البناء الضوئي . إن وجود العلاقات السليمة بين مكونات الإنتاج المختلفة أشار إليه عديد من الباحثين (مثلاً Knott & Talukdar, 1971 ; Frankel, 1935) مما أدى إلى أن يرى مربو النبات أن الجدوى من رفع مكون واحد ضئيلة ، حيث إن هناك





وحيث إن الجبرلينات لا تؤثر على استطالة الخلايا فحسب ، ولكن أيضاً على عديد من العمليات التنظيمية ، لذا ليس من المستغرب أن إضافة مثبطات النمو والتي تمنع تكون الجبرلينات يتولد عنه تأثيرات مختلفة على إنتاجية القمح ( Hamphries , 1968 ) . . على سبيل المثال ، إضافة ( C.C.C ) كلوروكولين كلورايد ( السيكوسيل ) يمكن أن يزيد من الإنتاجية بزيادة المقاومة للرقاد ، حيث الظروف والأصناف التي يكون فيها الرقاد خطيراً . إلى جانب قصر وتغلظ السوق في النباتات المعاملة . . هناك احتمال لحدوث الزيادة في المجموع الجذري ، وقصر في الأوراق وزيادة في عرضها ، وكذلك تصبح الأوراق قائمة وبانخفاض في معدل البناء الضوئي ( Birecka , 1967 ) .

وغالباً ما يزداد عدد الحبوب بالسيكوسيل بينما يقل حجمها . أيضاً يمكن أن يزداد عدد الأشطاء والسنابل في وحدة المساحة نتيجة إضافة السيكوسيل ، حامض الأبسيسك ( Absciscic ) مادة أخرى من مواد النمو ، ويرجح بأن له تأثيراً على عديد من العمليات المحددة للإنتاج في القمح ، وتنحصر الدراسات التي عليه الآن في إيضاح زيادته السريعة في الأوراق عند الإجهاد المائي ( Wright , 1969; Wright & Hiron, 1969 ) وفي دوره في غلق الثغور وتقليل عملية البناء الضوئي ( Mittelheuser & von Steveninck , 1971 ) .

كذلك يرجح بأن حامض الأبسيسك يعمل على اتزان تأثيرات الإجهاد المائي على عقد الحبوب ، ومن المحتمل أن يلعب دوراً مهماً في تداخل مكونات المحصول إلا أن ذلك لم يدرس بعد . كذلك لا يعرف إلا القليل عن دور السيتوكينينات ( Cytokinins ) في القمح ، التي تصل ذروتها في الحبوب عند بداية تكوينها ، ثم تنخفض بسرعة بعد ذلك ( Wheeler , 1972 )

إن قلة المعلومات عن دور وتداخل الهرمونات النباتية في العمليات المحددة للإنتاج يشكل عائقاً كبيراً في مدى فهمنا لعملية تطور الإنتاجية في القمح .